



Slutrapportering af Risøs måleprogram (Fase 3) i forbindelse med Tjernobylulykken. Hovedrapport

Aarkrog, A.; Nielsen, Sven Poul; Dahlgaard, H.; Lauridsen, B.; Søgaard-Hansen, J.

Publication date:
1988

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Aarkrog, A., Nielsen, S. P., Dahlgaard, H., Lauridsen, B., & Søgaard-Hansen, J. (1988). *Slutrapportering af Risøs måleprogram (Fase 3) i forbindelse med Tjernobylulykken. Hovedrapport*. Risø National Laboratory. Risø-M No. 2692

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Slutrapportering af Risøs måleprogram (Fase III) i forbindelse med Tjernobylulykken

Hovedrapport

**A. Aarkrog, S. P. Nielsen, H. Dahlgaard, B. Lauridsen
og J. Søgaard- Hansen**

**Forskningscenter Risø, DK-4000 Roskilde, Danmark
Januar 1988**

Risø-M-2692

SLUTRAPPORTERING AF RISØS MÅLEPROGRAM (FASE III) I FORBINDELSE
MED TJERNOBYLULYKKEN

HOVEDRAPPORT

A. Aarkrog, S.P. Nielsen, H. Dahlgaard, B. Lauridsen og
J. Søgaard-Hansen

Abstract. I samarbejde med Miljøstyrelsen har Forskningscenter Risø målt den radioaktive forurening fra Tjernobylulykken. Programmet for disse målinger er en udvidelse af det landsdækkende måleprogram Forskningscenter Risø har haft løbende siden 1962. Denne rapport dækker perioden fra 1. oktober 1986 til 30. september 1987. Alle relevante typer omegnsprøver har været inkluderet i undersøgelsen. Hovedparten af prøverne er indsamlet på landsplan og alle prøver er analyseret for radiocæsium (^{134}Cs og ^{137}Cs).

Mange prøver er yderligere analyseret for ^{90}Sr og i enkelte prøver er tillige bestemt transuraner ($^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am og ^{242}Cm).

På grundlag af kost- og helkropsmålinger er det individuelle middel dosis equivalent commitment fra radiocæsium i dansk kost indtaget i de første 2 år efter Tjernobylulykken udregnet til $27 \mu\text{Sv}$.

Januar 1988

Forskningscenter Risø, DK-4000 Roskilde, Danmark

ISBN 87-550-1400-3 (kpl.)
ISSN 0418-6435

Grafisk Service Risø 1988

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

1. INTRODUKTION (INTRODUCTION)	5
2. RESULTATER (RESULTS)	6
2.1. Luft (Air)	6
2.2. Nedbør (Precipitation)	13
2.3. Å og søvand (Stream and lake water)	16
2.4. Drikkevand og grundvand (Drinking water and subsoil water)	19
2.5. Havvand (Sea water)	21
2.6. Havsedimenter (Sea sediments)	24
2.7. Jord (Soil)	26
2.8. Græs (Grass)	28
2.9. Foder (Fodder)	31
2.10. Lav og mos (Lichen and moss)	35
2.11. Tang (Seaweed)	36
2.12. Korn (Grain)	39
2.13. Brød (Bread)	41
2.14. Grøntsager og kartofler (Vegetables and po- tatoes)	42
2.15. Frugt (Fruit)	47
2.16. Mælk (Milk)	52
2.17. Kød (Meat)	57
2.18. Ferskvandsfisk (Freshwater fish).....	64
2.19. Saltvandsfisk (Sea fish)	65
2.20. Æg (Eggs)	66
2.21. Ost (Cheese)	67
2.22. Total kost (Total diet)	68
2.23. Helkropsmålinger (Whole-body measurements) .	74
2.24. Menneskeknogler (Human bones)	76
2.25. Oversigt over KP-prøver (Summary of moni- toring samples)	77
3. KONKLUSION (CONCLUSION)	79

1. INTRODUKTION

Denne rapport omhandler perioden 1. okt. 1986 - 30. sept. 1987, den såkaldte fase III af Risøs måleprogram i forbindelse med Tjernobylulykken. Prøveprogrammet er beskrevet i vedlagte appendix 1. Som ved fase II vil der for nogle prøvers vedkommende være mindre afvigelser mellem programmet og de prøver, der rapporteres i den foreliggende rapport. Årsagen vil som regel være, at det ikke altid har været muligt at få fat i alle planlagte prøver. Til gengæld er der så suppleret med andre prøver, hvorved pålideligheden af kortlægningen af Tjernobyl forureningen skulle være mindst lige så god som planlagt i programmet.

De detaljerede analyseresultater vil fremgå af appendix 2, som tillige indeholder andre Tjernobyl resultater end Fase III programmets. Det drejer sig blandt andet om resultater fra Færøerne og Grønland samt om prøver, der er indsamlet efter udløbet af Fase III.

De såkaldte kontrolprøver vil ikke blive rapporteret i detaljer i denne rapport. Der er i en oversigtstabel vist antal og maximumværdier for de enkelte prøvetyper. I øvrigt henvises til Levnedsmiddelstyrelsen, som løbende har rapporteret resultaterne af disse målinger. Kontrolprøveprogrammet er i øvrigt suppleret med et stort antal analyser (ca. 40 pr. uge) for danske levnedsmiddelproducenter, der har ønsket denne kontrol af hensyn til deres eksport. Disse resultater er i øvrigt også inkluderet i Levnedsmiddelstyrelsens oversigter. Som i den tidligere Fase II rapport vil resultaterne først og fremmest blive vist på kort og kurver, men der vil tillige være oversigtstabeller og en kort ledsagende tekst.

2. RESULTATER

2.1. Luft

(Figurerne og tabellerne 1 i denne rapport og tabellerne A i appendix 2).

Luftaktiviteten har været faldende gennem hele måleperioden. Faldet har imidlertid været mindre end ventet p.g.a. lokal resuspension af den allerede deponerede aktivitet fra Tjernobyl. Sådan resuspension kan i visse uger øge luftaktiviteten med omkring en faktor 10.

Tabel 1.1. Årlig gennemsnitskoncentration af radioaktive stoffer i luft indsamlet 1986 og 1987 på Risø. Enhed: $\mu\text{Bq m}^{-3}$.

Annual mean of concentration of radionuclides in surface air samples collected at Risø in 1986 and 1987. Unit: $\mu\text{Bq m}^{-3}$.

	^{90}Sr	^{134}Cs	^{137}Cs
1986	26	760	1340
1987	0.35*	2.7	6.7

* 1. jan. - 30. sept.

Tabel 1.2. Årlig gennemsnitskoncentration af radioaktive stoffer i luft indsamlet 1986 og 1987 på Bornholm. Enhed: $\mu\text{Bq m}^{-3}$.

Annual mean of concentration of radionuclides in surface air samples collected at Bornholm in 1986 and 1987. Unit: $\mu\text{Bq m}^{-3}$.

	^{90}Sr	^{134}Cs	^{137}Cs
1986*	15	760	1360
1987	-	3.2	8.4

* (In Jan - April: no measurements, we assume zero activity)

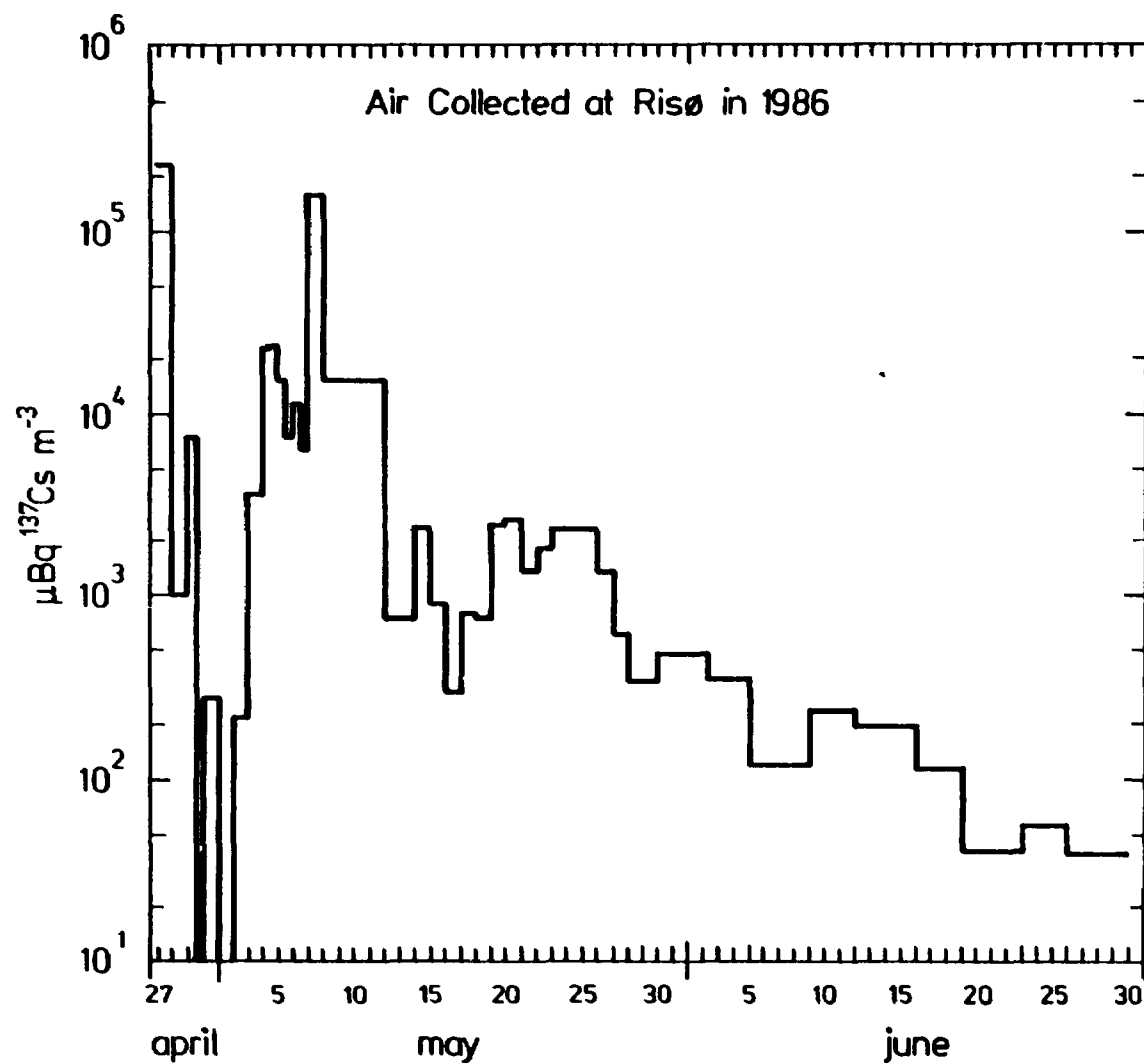


Fig. 1.1. Caesium-137 in air collected at Risø, Denmark in the period April 27-June 30, 1986 (cf. also Fig. 1.2 and 1.3).

Fig. 1.1. Cæsium-137 i luftprøver indsamlet på Risø i perioden 27. april-30. juni, 1986 (jf. også Fig. 1.2 og 1.3).

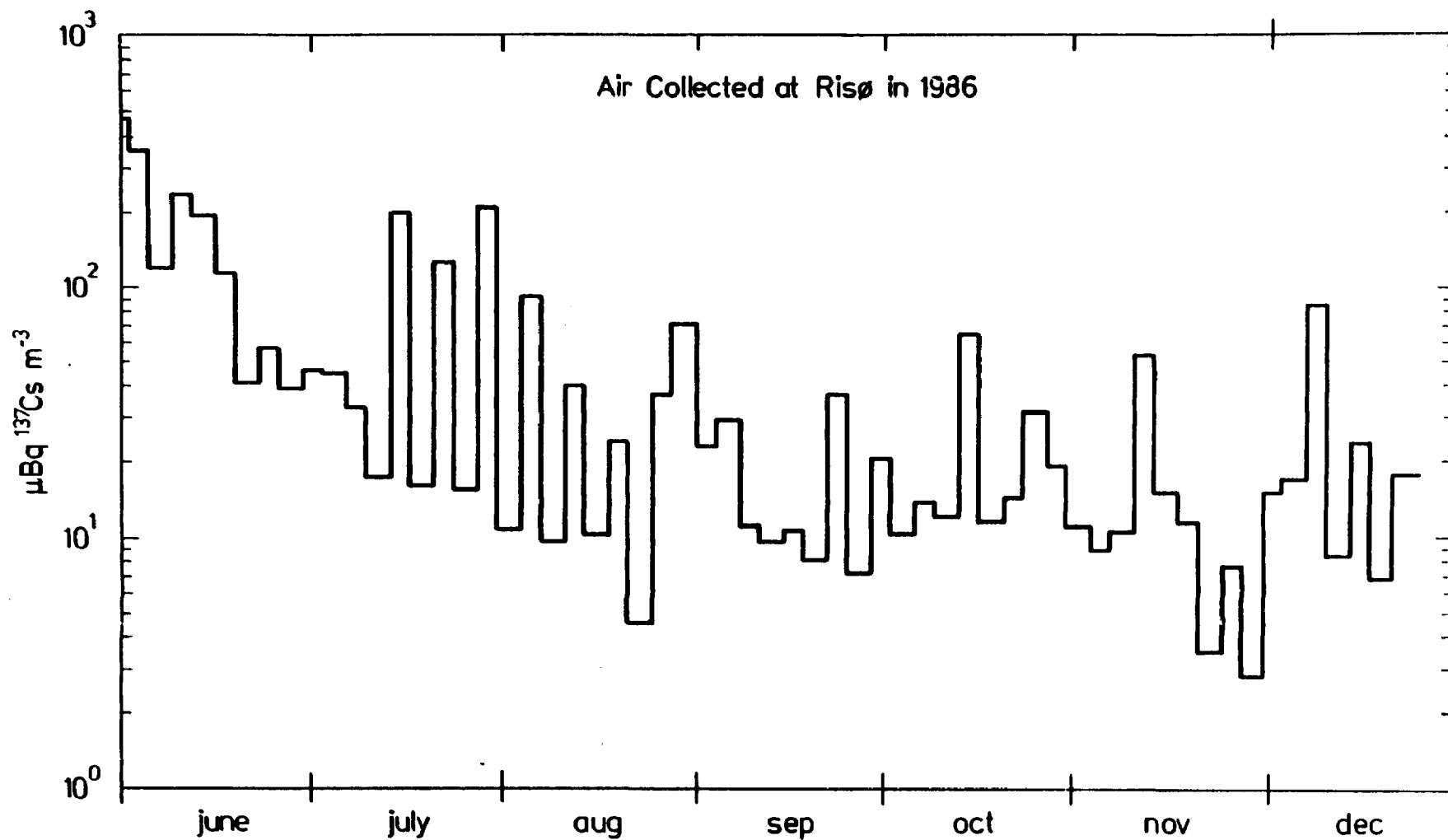


Fig. 1.2. Caesium-137 in air collected at Risø, Denmark in the period June 1-Dec 31, 1986 (cf. also Fig. 1.1. and 1.3).

Fig. 1.2. Cæsium-137 i halvugentlige luftprøver indsamlet på Risø i perioden 1. juni-31. december, 1986 (jf. også Fig. 1.1. og 1.3).

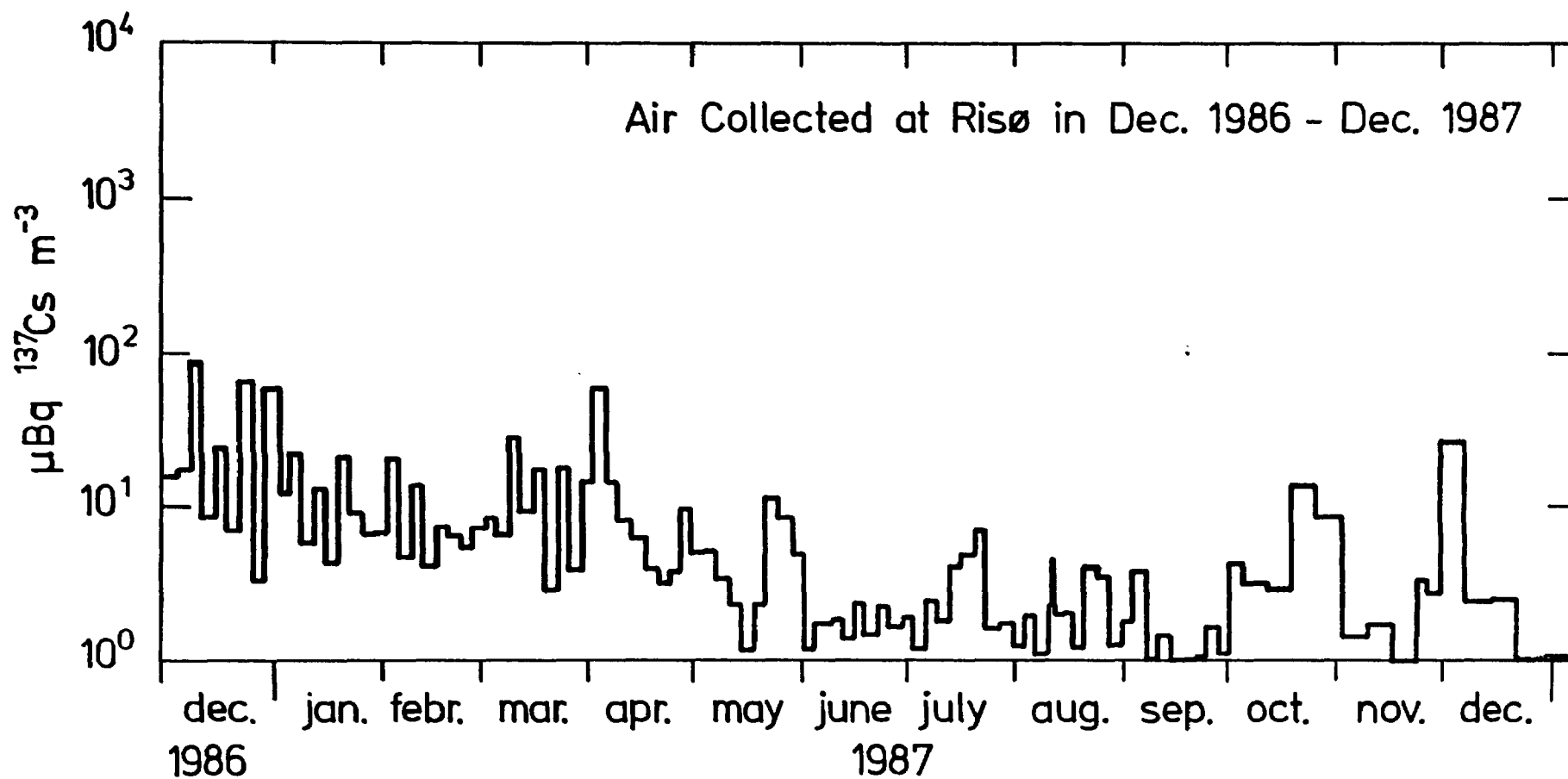


Fig. 1.3. Caesium-137 in air collected at Risø, Denmark in the period Dec 1, 1986-Dec 31, 1987 (cf. also Fig. 1.1 and 1.2).

Fig. 1.3. Cæsium-137 i luftprøver indsamlet på Risø i perioden 1. dec. 1986-31. dec. 1987 (jf. også Fig. 1.1. og 1.2).

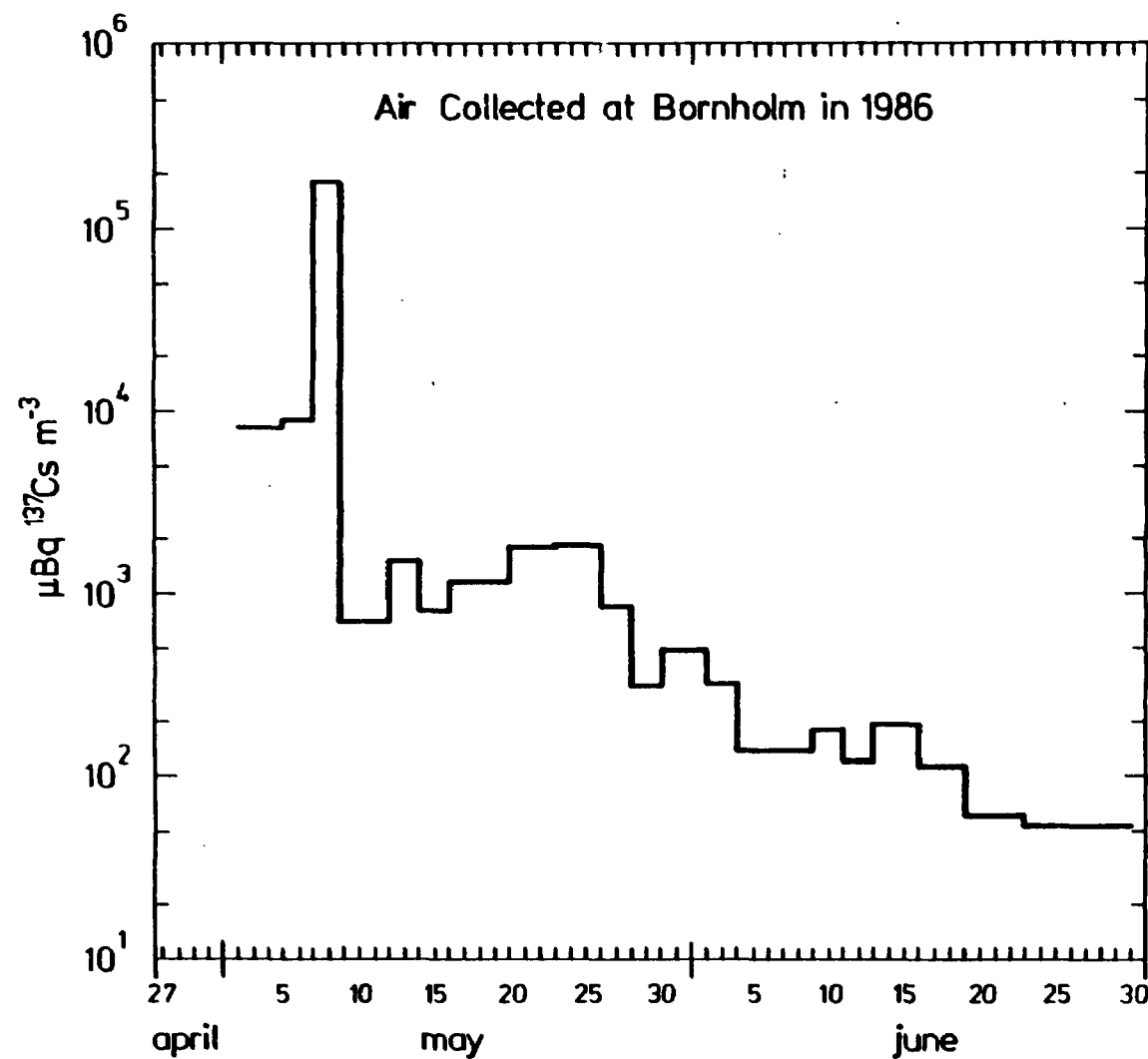


Fig. 1.4. Caesium-137 in air collected at Bornholm, Denmark in the period May-June 1986 (cf. also Fig. 1.5 and 1.6).

Fig. 1.4. Cæsium-137 i luftprøver fra Bornholm indsamlet i maj-juni 1986 (jf. også Fig. 1.5. og 1.6).

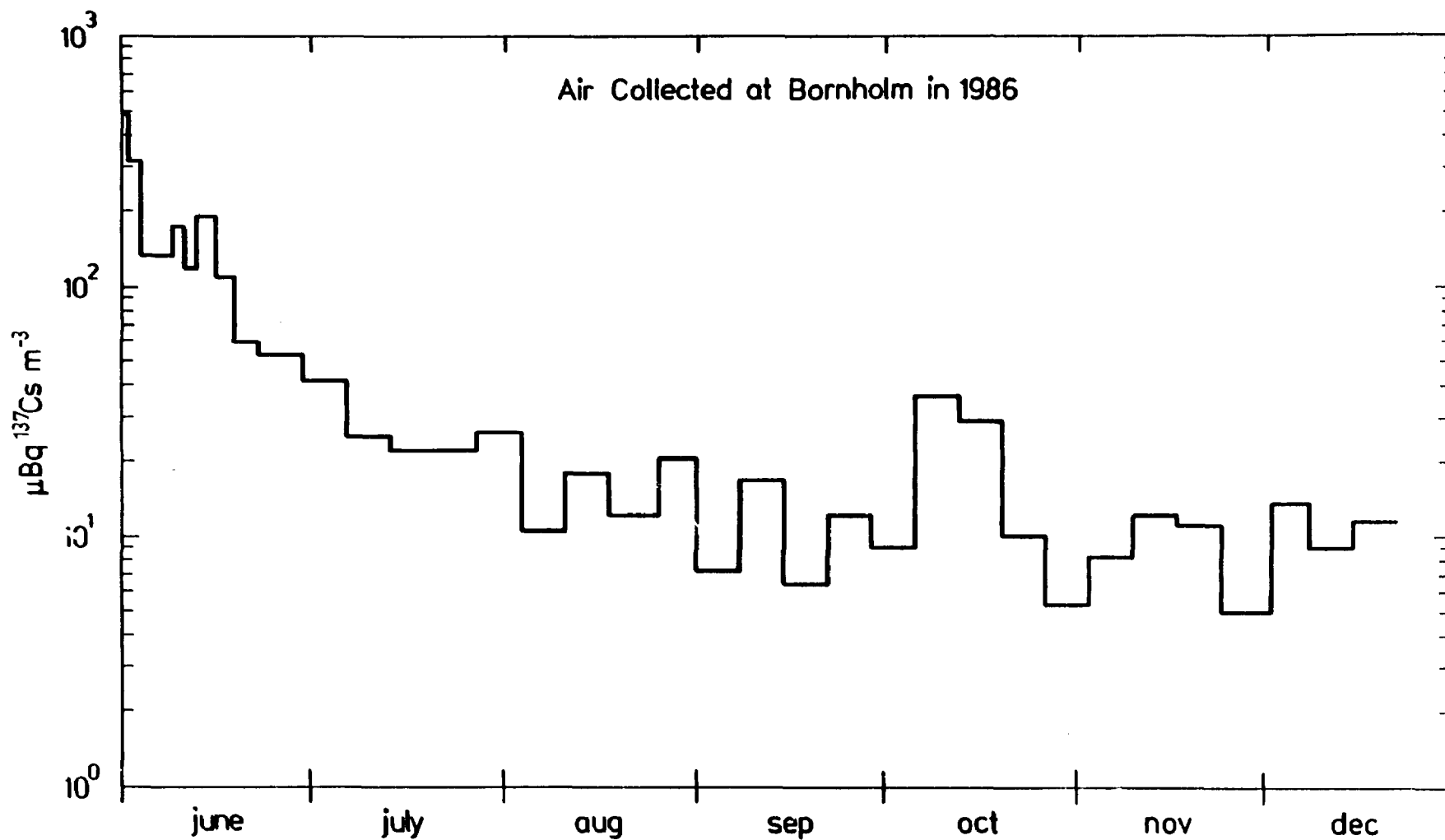


Fig. 1.5. Caesium-137 in air collected at Bornholm, Denmark in the period June-December, 1986 (cf. also Fig. 1.4. and 1.6).

Fig. 1.5. Cæsium-137 i luftprøver indsamlet ugentlig på Bornholm i perioden juni-december 1986 (jf. også Fig. 1.4. og 1.6).

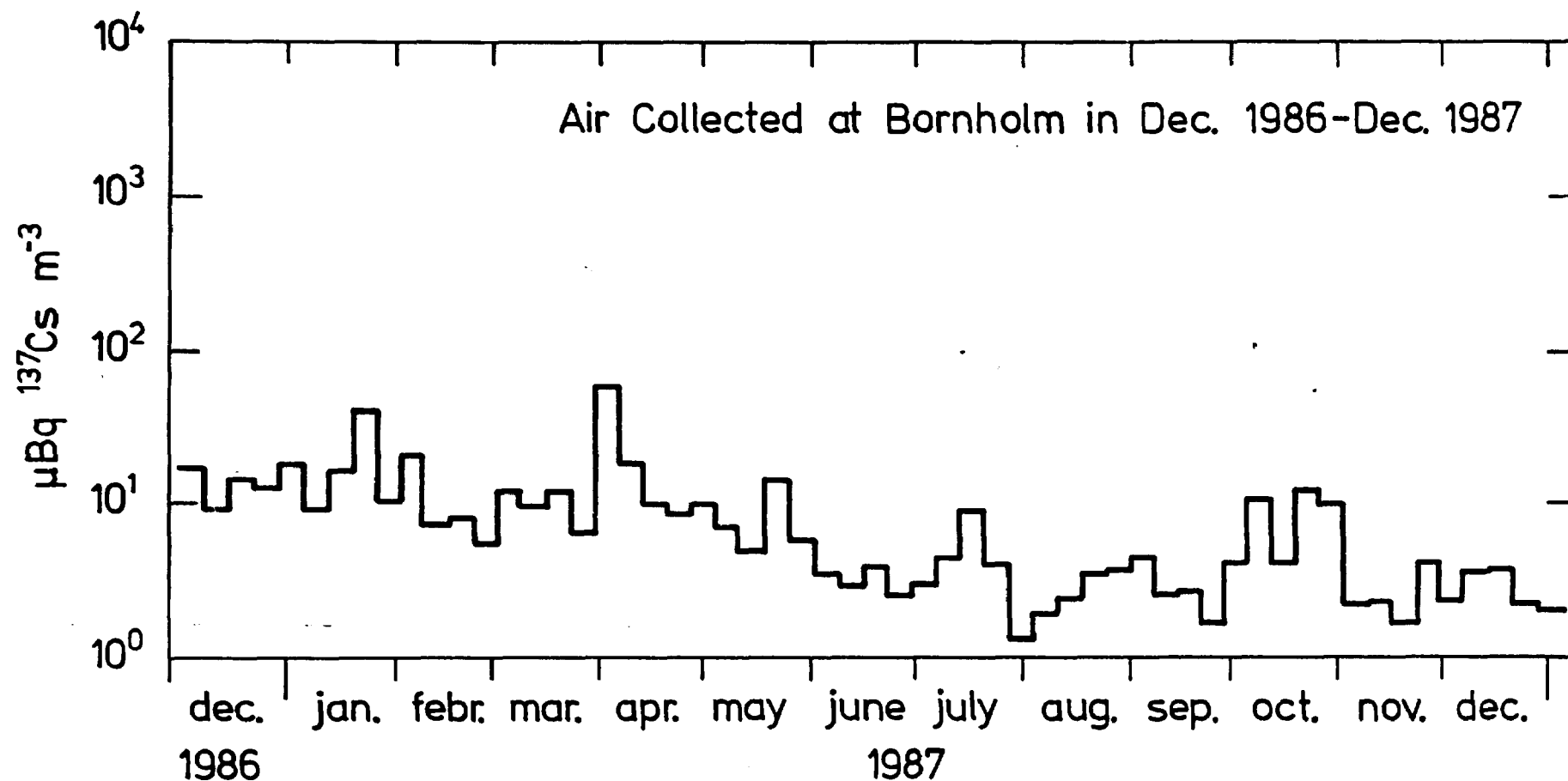


Fig. 1.6. Caesium-137 in air collected at Bornholm, Denmark in the period Dec. 1, 1986-Dec. 31, 1987 (cf. also Fig. 1.4. and 1.5).

Fig. 1.6. Cesium-137 i luftprøver indsamlet ugentlig på Bornholm i perioden 1. dec. 1986-31. dec. 1987 (jf. også Fig. 1.4. og 1.5).

2.2. Nedbør

(Figurerne og tabellerne 2 i denne rapport og tabellerne B i appendix 2).

I 12 måneders perioden nov. 1986 - okt. 1987 var middelnedfaldet i Danmark 39 Bq ^{137}Cs m^{-2} . Dette nedfald skyldes primært lokal resuspension. Sammenholdt med total depositionen af ^{137}Cs ved udgangen af september 1986 på 1290 Bq m^{-2} , udgør denne resuspension $39/1290 = 3\%$. Dette er en væsentlig årsag til, at afgrødernes ^{137}Cs indhold faldt mindre brat end forventet i 1987.

Tabel 2.1. Deposition af ^{90}Sr and ^{137}Cs i Danmark i perioden maj 86 - okt. 87. Enhed: Bq m^{-2} .

Deposition of ^{90}Sr and ^{137}Cs in Denmark in May 1986 - Oct 1987.
Unit: Bq m^{-2} .

	Jylland (Jutland)		Øerne (The Islands)		Bornholm		Hele landet Total country	
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
May-Jun 86	29	700	27	780	17	350	27	690
Jul-Aug 86	2	94	1	64	3	59	1.8	78
Sept-Oct 86	0.6	23	0.5	19	1.3	13	0.6	20
Nov-Dec 86	0.3	15	0.2	12	0.7	7.9	0.3	13
Jan-Feb 87	0.15	5.1	0.25	4.1	0.23	2.6	0.20	4.4
Mar-Apr 87	0.22	7.8	0.13	5.3	0.34	4.6	0.20	6.5
May-Jun 87	0.41	7.0	0.22	6.9	0.43	2.8	0.34	6.5
Jul-Aug 87	0.25	5.5	0.18	5.7	0.59	3.5	0.25	5.4
Sept-Oct 87	0.25	3.6	0.20	3.2	1.00	2.4	0.30	3.3

Jylland: Tylstrup, Kalø, Borris, Askov, St. Jyndeved

Øerne: Årslev, Tystofte, Ledreborg, Åbed

Bornholm: Tornbygaard

Cs - 137 Deposition, Nov. 1986 - Oct. 1987

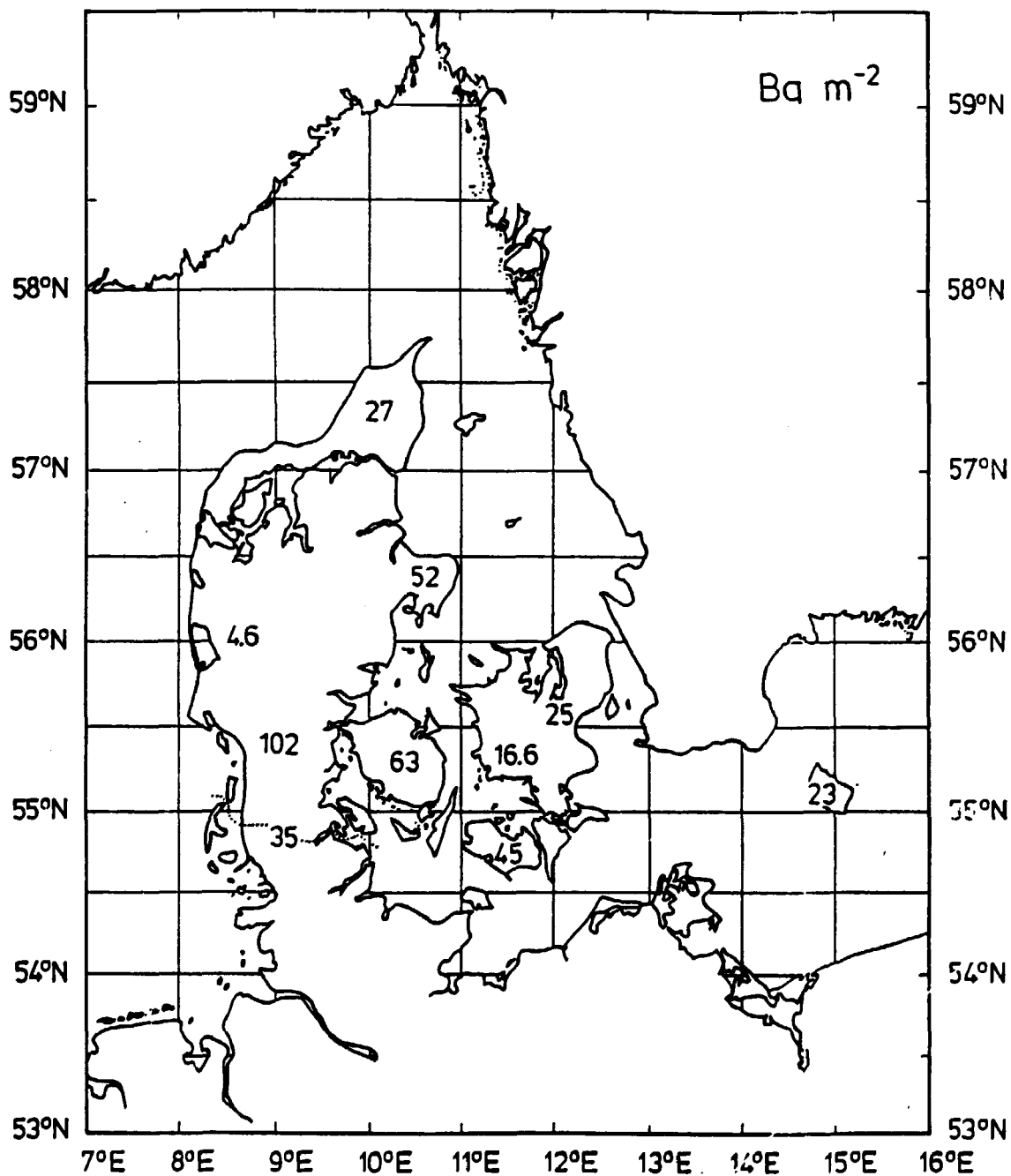


Fig. 2. Caesium-137 deposition from precipitation samples collected at the 10 state experimental farms in Denmark in the period Nov. 1986-Oct. 1987. Unit: Bq m⁻².

Fig. 2. Cæsium-137 nedfald i nedbørsprøver indsamlet på statens 10 forsøgsstationer i perioden nov. 1986-okt. 1987. Enhed: Bq m⁻².

Tabel 2.2. Total nedfaldet af radioaktive stoffer i perioden okt. 86 dec. 87 målt månedligt fra Risø's 10 m² regnsamler. Enhed: Bq m⁻².

Total deposition of radionuclides at Risø Oct 1986 - Dec 1987. Monthly rain samples collected by a 10 m² precipitation collector. Unit: Bq m⁻².

⁹⁰ Sr+ ¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Ru	^{110m} Ag	¹²⁵ Sb	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹⁴⁴ Ce
-------------------------------------	-------------------	--------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

0.52	0.7	8	0.2	0.2	10.6	25.4	2.4
------	-----	---	-----	-----	------	------	-----

+Oct 86 - Sept 87

2.3. Å og søvand

(Figurerne og tabellerne 3 i denne rapport og tabellerne C i appendix 2).

Fra maj 1986 til februar 1987 faldt ^{137}Cs indholdet i åvand med en faktor 10, og søvand faldt til ca. 25% af begyndelsesniveauet.

Cs-137 koncentrationerne i søvand er generelt 5-10 gange højere end i åvand. For ^{90}Sr ses et lignende mønster, men forskellen er mindre udtalt mellem de to typer vand end for ^{137}Cs .

Tabel 3. Cæsium-137 i åvand og søvand 1986 og 1987. Gennemsnit for hele landet: Bq m^{-3} ($\pm 1\text{SD}$; $N=8$).

Caesium-137 in stream and lakewater in 1986 and 1987. Countrywide means in Bq km^{-3} ($\pm 1\text{SD}$; $N=8$).

	Åvand Stream water	Søvand Lake water
May - Jun 86	29 \pm 17	92 \pm 44
Oct 86	7.9 \pm 4.7	39 \pm 30
Feb 87	2.8 \pm 1.6	21 \pm 15

Streamwater Collected in February 1987

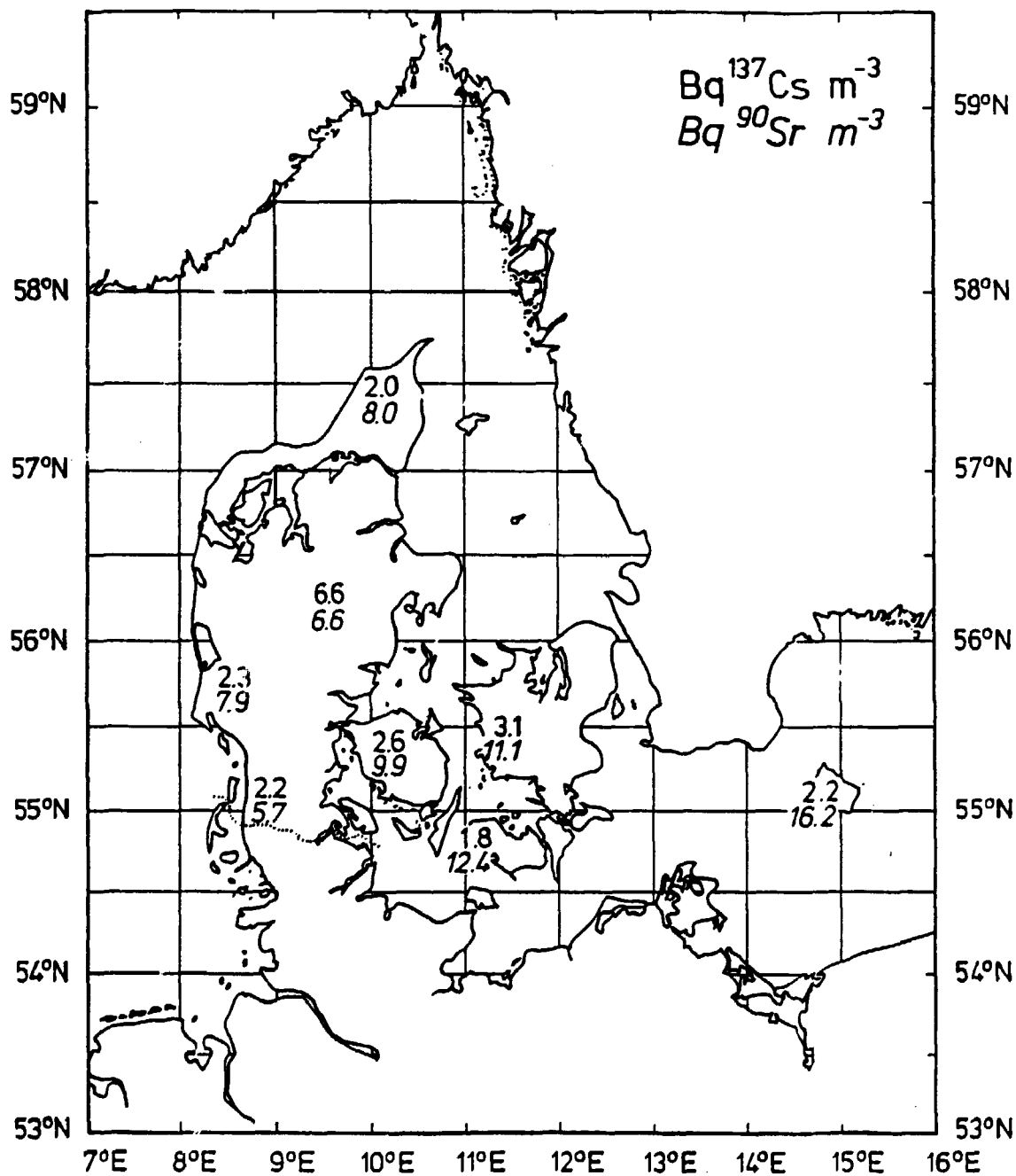


Fig. 3.1. Caesium-137 and ^{90}Sr (lower figure) in stream water collected in Feb. 1987 from 8 Danish streams. Unit: Bq m⁻³.

Fig. 3.1. Cæsium-137 og ^{90}Sr (nederste tal) i åvand indsamlet i feb. 1987 fra 8 danske åer. Enhed: Bq m⁻³.

Lakewater Collected in February 1987

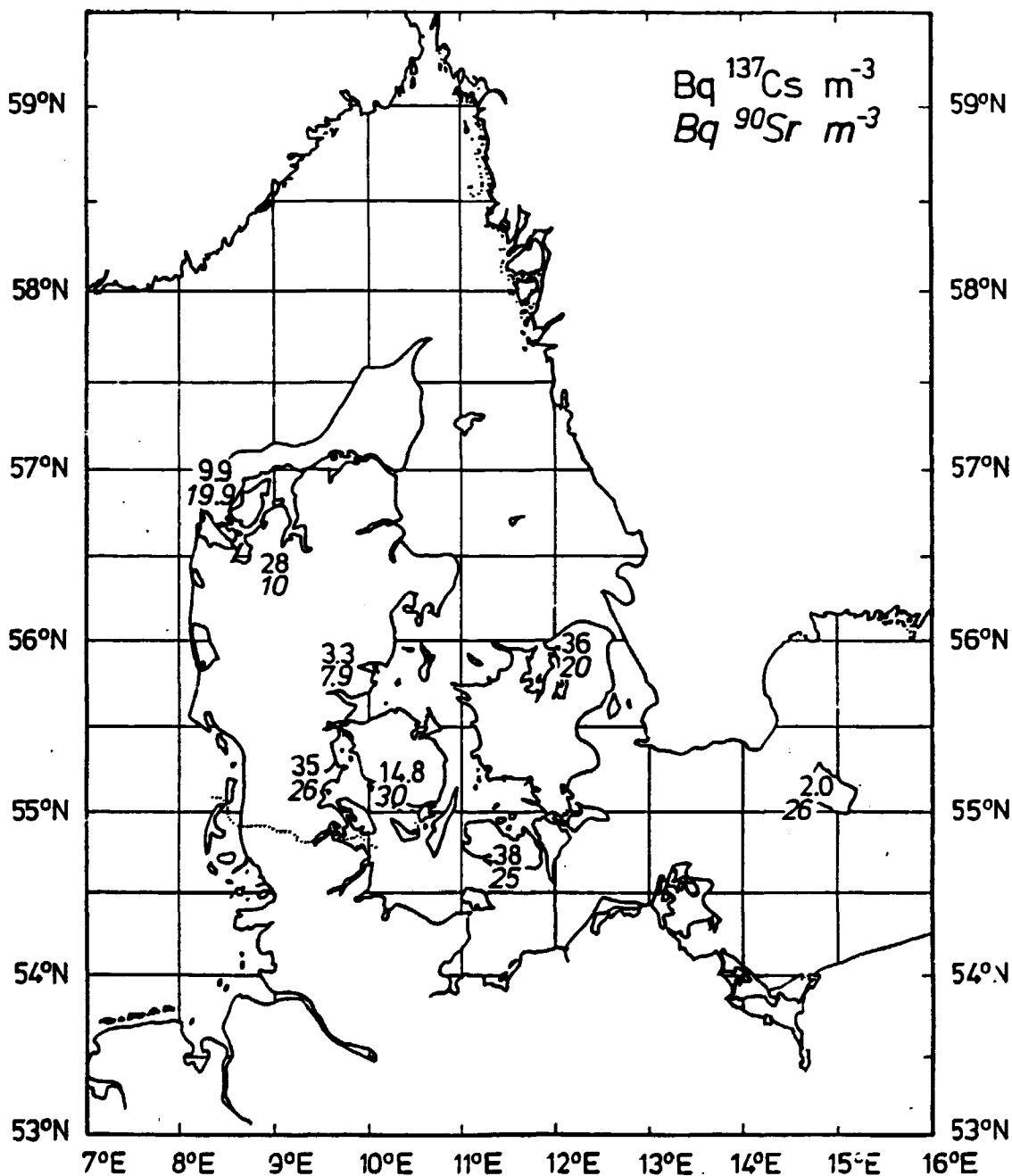


Fig. 3.2. Caesium-137 and ^{90}Sr (lower figure) in lake water collected in Feb. 1987 from 8 Danish lakes. Unit: Bq m⁻³.

Fig. 3.2. Cesium-137 og ^{90}Sr (nederste tal) i søvand indsamlet i feb. 1987 fra 8 danske søer. Enhed: Bq m⁻³.

2.4. Drikkevand og grundvand

(Figur 4 i denne rapport og tabellerne D og E i appendix 2). Drikkevandsprøvernes ^{137}Cs -indhold lå på detektionsgrænsen: 0.06 Bq m^{-3} . De danske jorde renser grundvandet effektivt for ^{137}Cs . Drikkevandet har således ikke bidraget signifikant til indtaget af ^{137}Cs med kosten (jf. tabel 22.2). De små mængder ^{90}Sr i drikkevand og grundvand stammer fra tidligere års forsøg med kærnevåben i atmosfæren.

Drinking Water Collected in June 1987

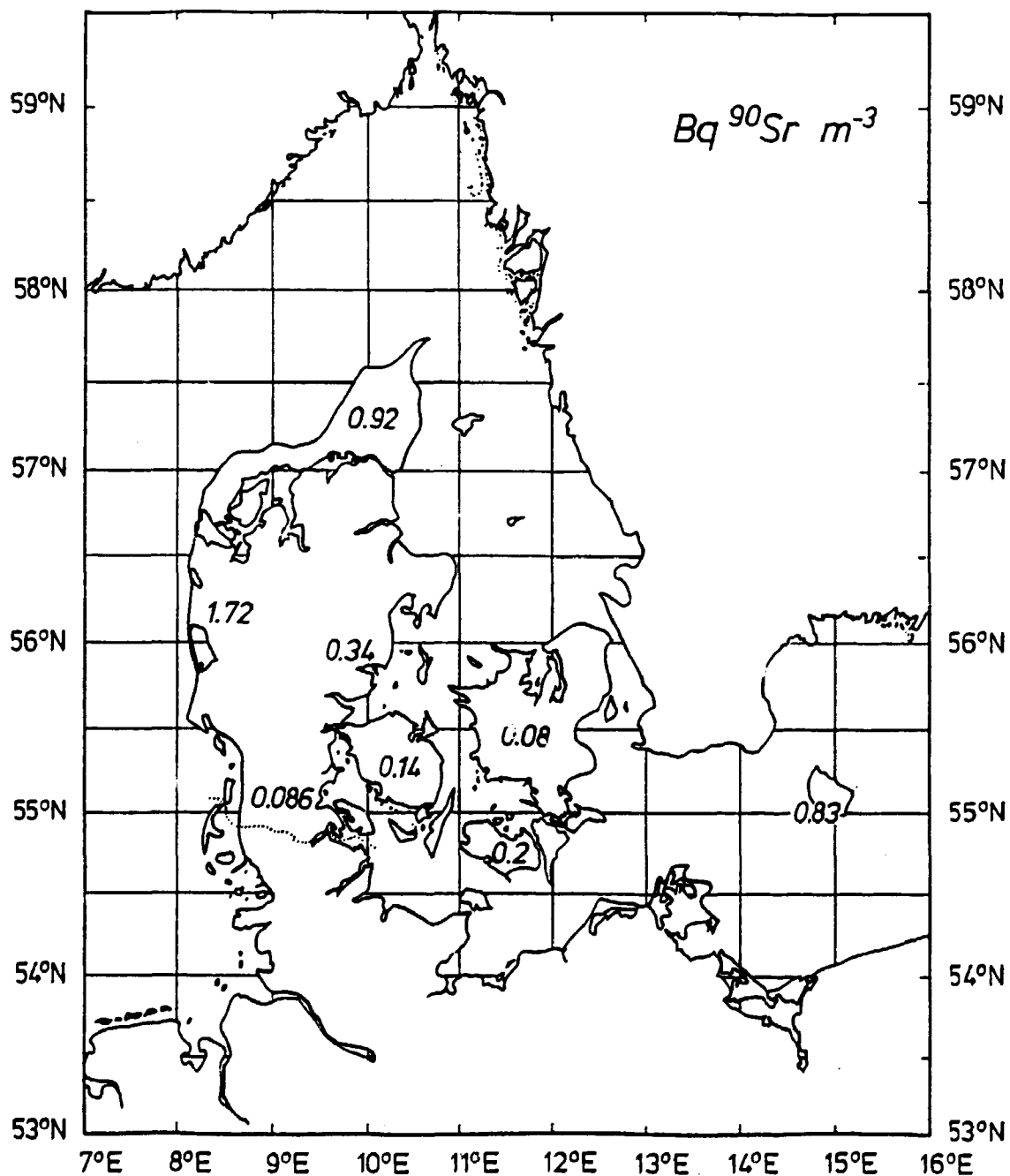


Fig. 4. Strontium-90 in drinking water collected countrywide in June 1987. Unit: Bq m^{-3} .

Fig. 4. Strontium-90 i drikkevand indsamlet i de otte landsdele i juni 1987. Enhed: Bq m^{-3} .

2.5. Havvand

(Tabellerne og figurerne 5 i denne rapport og tabellerne G i appendix 2).

Tjernobyl bidraget af ^{137}Cs faldt i overfladevandet fra maj 1986 til nov. 1986 med en faktor ca. 3, mens koncentrationen i bundvandet blev mere end fordoblet. I maj 1987 kan man konstatere en ny stigning i overfladevandet fra de østlige stationer. Dette indikerer, at der begynder at komme stærkere radioaktivt vand ud fra Østersøen gennem de danske stræder.

Tabel 5. Cæsium-137 fra Tjernobyl i danske farvande i perioden maj 86 - juni 87. Enhed: Bq m^{-3} overflade/bund.

Caesium-137 from Chernobyl in the Danish Straits May 1986 - June 1987. Unit: Bq m^{-3} surface/bottom. The contribution from Chernobyl was calculated from ^{134}Cs assuming $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs} = 0.55$ on April 26, 1986.

	May 1986	Aug. 1986	Nov. 1986	May 1987
Kattegat	129/2	85/55	50/60	56/22
<u>The Kattegat</u>				
Store Bælt	149/11	77/62	60/60	61/29
<u>The Great Belt</u>				
Østersøen Vest	140/47	49/65	41/67	81/61
<u>The Baltic Sea West</u>				
Øresund	105/35	49/41	31/49	83/40
<u>The Sound</u>				
=====				
Middel	131/24	65/56	46/59	70/38
Mean				

Cesium - 137 from Chernobyl in Seawater,
Nov. 1986. Bq m⁻³, Surface /Bottom

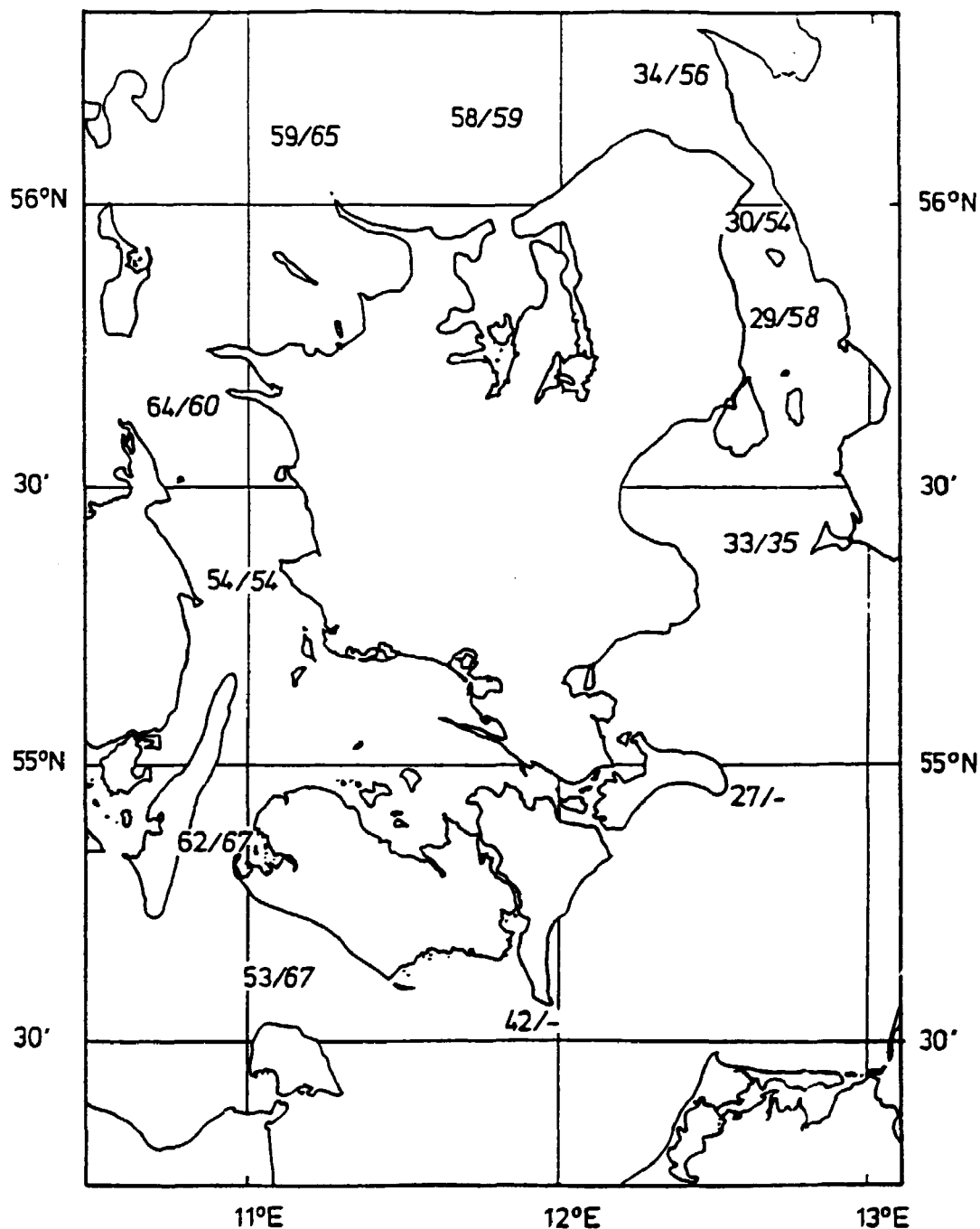


Fig. 5.1. Caesium-137 from Chernobyl in surface and bottom water collected in the Danish Straits in Nov. 1986. The contribution from Chernobyl was calculated from ¹³⁴Cs assuming a ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs ratio of 0.55 on April 26, 1986. Unit: Bq m⁻³.

Fig. 5.1. Cesium-137 fra Chernobyl i overflade- og bundvand indsamlet omkring Sjælland i nov. 1986. Bidraget af ¹³⁷Cs fra Chernobyl er beregnet fra måling af ¹³⁴Cs, idet man antager at ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs er 0.55 d. 26. April, 1986. Enhed: Bq m⁻³.

Cesium-137 from Chernobyl in Seawater,
May 1987. Bq m⁻³, Surface/Bottom

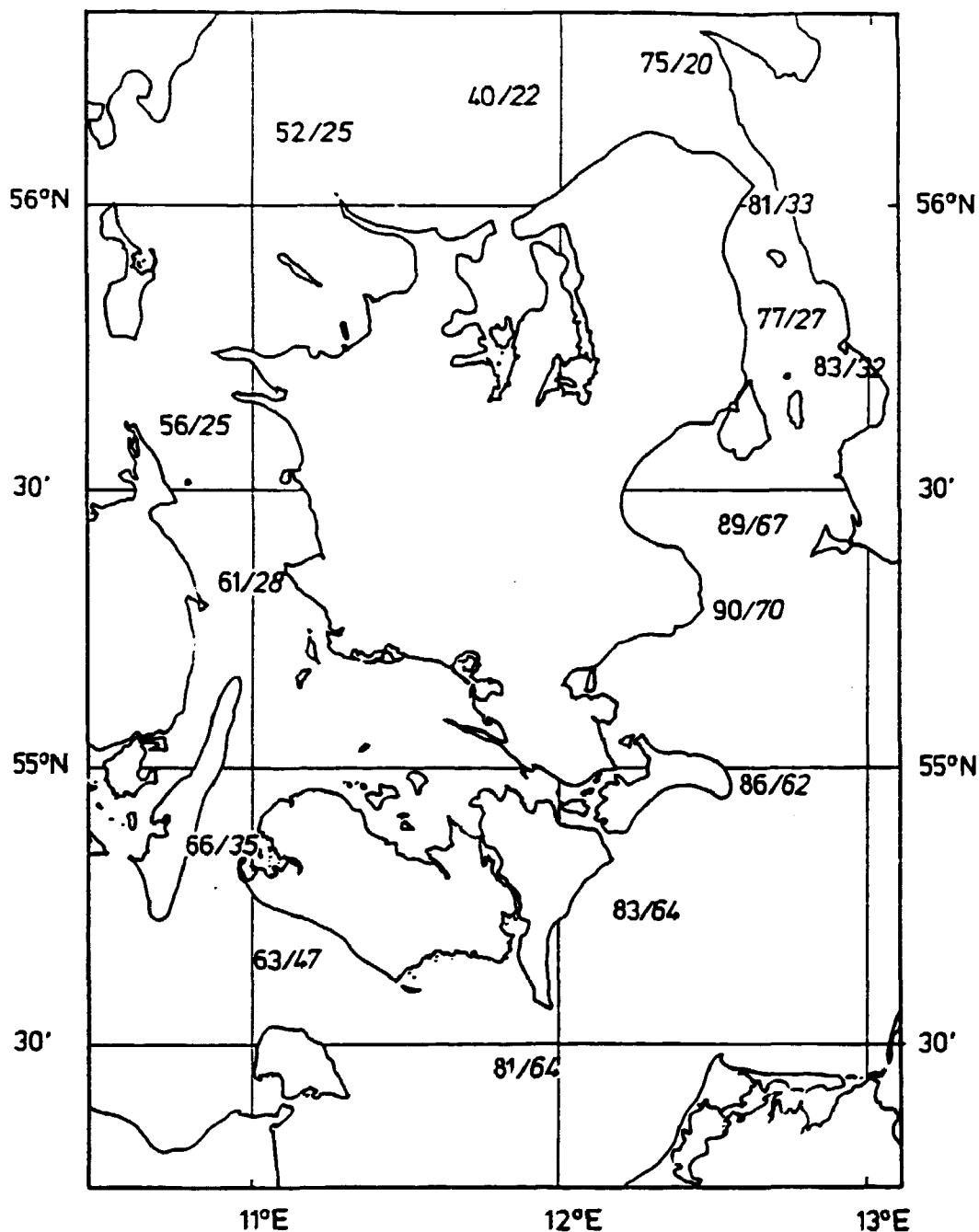


Fig. 5.2. Caesium-137 from Chernobyl in surface and bottom water collected in the Danish Straits in May 1987. The contribution from Chernobyl was calculated from ¹³⁴Cs assuming a ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs ratio of 0.55 or April 26, 1986. Unit: Bq m⁻³.

Fig. 5.2. Caesium-137 fra Chernobyl i overflade- og bundvand indsamlet omkring Sjælland i maj 1987. Bidraget af ¹³⁷Cs fra Chernobyl er beregnet fra måling af ¹³⁴Cs, idet man antager at ¹³⁴Cs er 0.55 d. 26. april, 1986. Enhed: Bq m⁻³.

2.6. Havsedimenter

(Fig. 6 i denne rapport og tabellerne F i appendix 2). Cæsium-137 fra Tjernobyl kunne genfindes i sedimentprøver fra de øverste 3 cm indsamlet i de danske stræder. Niveauerne i den sidste del af 1986 var kun ca. 10% af, hvad man fandt i jordprøver, dvs. det meste ^{137}Cs befinder sig i vandet.

Cesium-137 from Chernobyl in Sediments
(0-3 cm) Layer. Aug.- Dec. 1986. Bq m⁻²

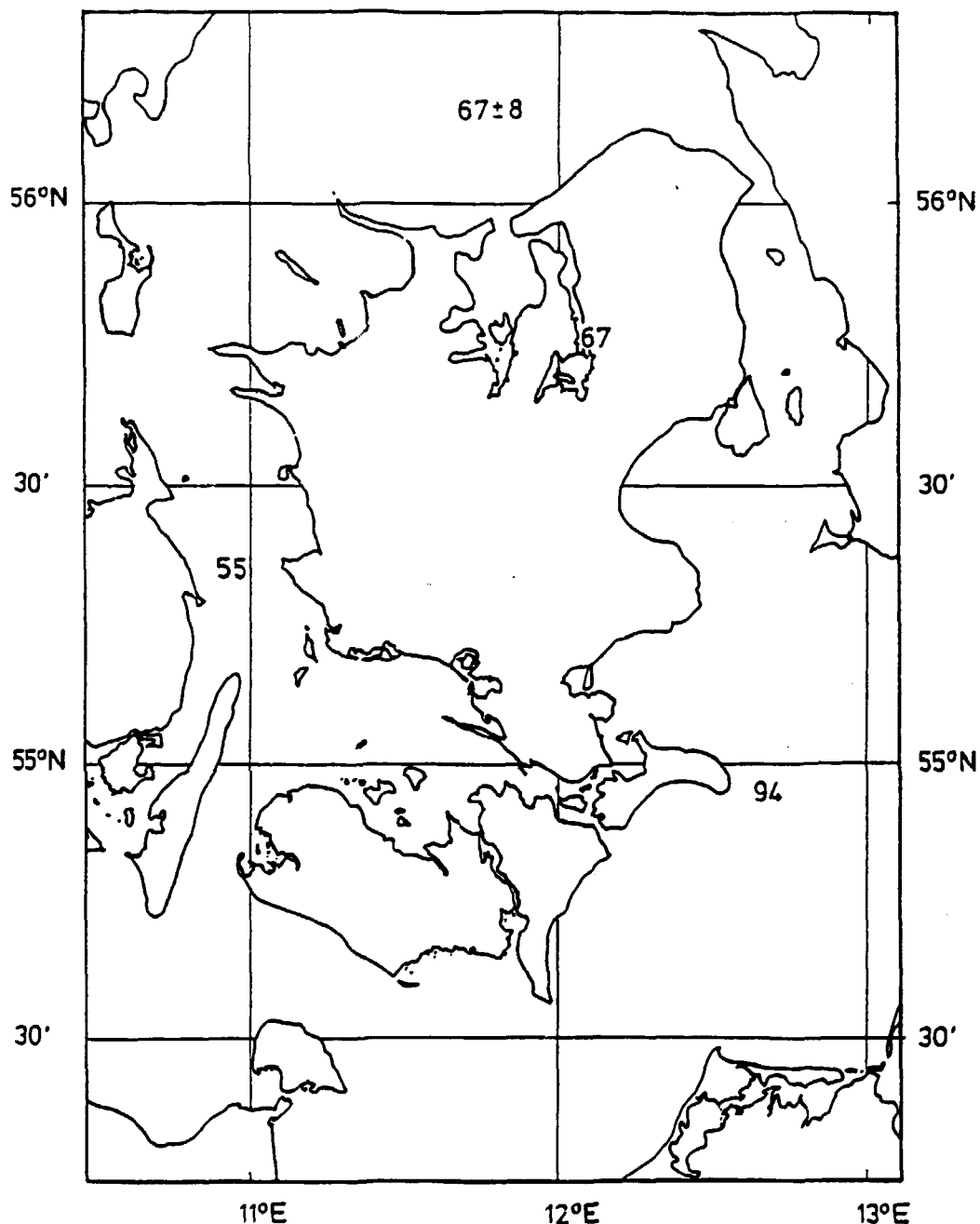


Fig. 6. Caesium-137 from Chernobyl in sea sediments (0-3 cm layer). The contribution from Chernobyl was calculated from ¹³⁴Cs assuming a ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs ratio of 0.55 on April 26, 1986. Unit: Bq m⁻².

Fig. 6. Caesium-137 fra Tjernobyl i havsedimenter (0-3 cm laget). Bidraget fra Tjernobyl er beregnet fra ¹³⁴Cs, idet man antager at ¹³⁴Cs er 0.55 d. 26 april 1986. Enhed: Bq m⁻².

2.7. Jord

(Tabellerne og figurerne 7 i denne rapport og tabellerne F i appendix 2).

Indsamlinger af jordprøver i august 1987 viser 77% af niveauet fra en tilsvarende indsamling i sept. 1986. Men 1987 prøverne repræsenterede kun de øverste 5 cm, mens 36 prøverne gik ned til 10 cm. Sr-90 tallene tyder på et (mindre) Tjernobyl bidrag i prøverne fra Askov og Årslev. Derimod er der intet signifikant Pu eller Am bidrag fra Tjernobyl. Det var heller ikke muligt at se ^{242}Cm , som ville have været den tydeligste indikator for Tjernobyl transurannedfald.

Tabel 7. Middelniveauerne af forskellige radioaktive stoffer i de øverste 5 cm af udyrket dansk jord indsamlet på 10 af statens forsøgsstationer i august 1987. Enhed: Bq m⁻².

Mean levels of radionuclides in the 0-5 cm layer of uncultivated soil collected countrywide in August 1987. Unit Bq m⁻².

	⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	^{239/240} Pu	²⁴¹ Am	²⁴² Cm
Middel						
(mean)	149	349	1500	10.4	2.86	nd
Relativ S.D.	36%	72%	49%	33%	49%	-
nd: not detected						

Chernobyl ^{137}Cs in the 0-5 cm Soil Layer
Collected in Aug. - Sept. 1987

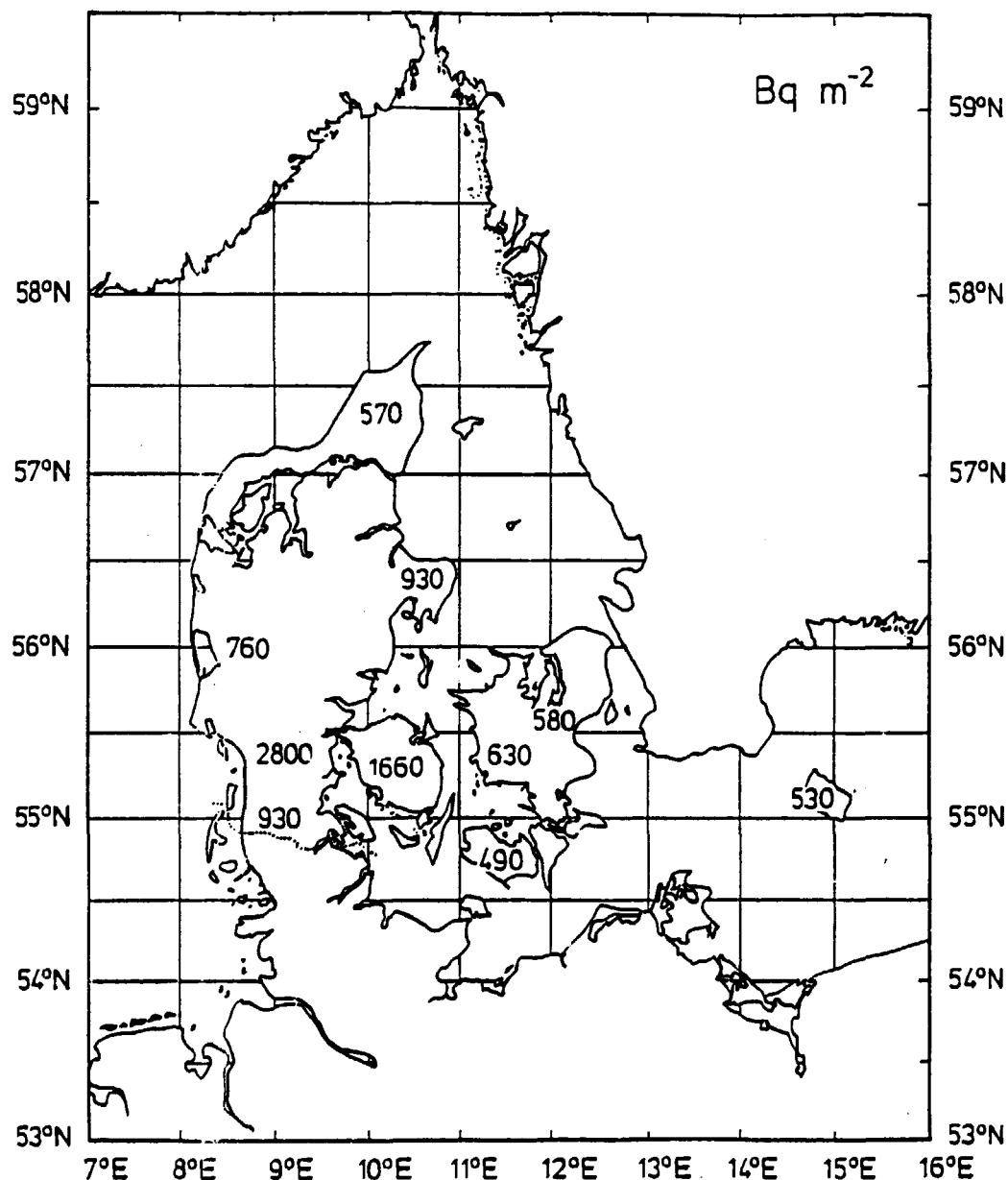


Fig. 7. The deposits of ^{137}Cs from Chernobyl at the 10 State experimental farms in Denmark by Aug. 1987. The ^{137}Cs contribution in soil samples were calculated from ^{134}Cs measurements and the $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio of 0.55 at April 26, 1986 in Chernobyl debris. Unit Bq m^{-2} .

Fig. 7. Cesium-137 nedfaldet fra Chernobyl målt ved udgangen af aug. 1987 på statens forsøgsstationer. Cs-137 bidraget fra Chernobyl i jordprøver er beregnet fra ^{134}Cs målinger og fra $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs} = 0.55$ d. 26 april, 1986. Enhed: Bq m^{-2} .

2.8. Græs

(Figurerne 8 i denne rapport og tabellerne H i appendix 2).

Fig. 8.2. viser, at da den ny vækst begyndte i maj 1987 faldt ^{137}Cs koncentrationen i græs en faktor 10, men holdt sig så ret konstant resten af året. De højeste græsniveauer findes i Sydvestjylland. Middelkoncentrationen af ^{137}Cs i græs i græssæsonen 1987 var $1.22 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs kg}^{-1}$. Hvis en ko æder 50 kg græs pr. dag, og hvis udskillelsen i mælk er som tidligere fundet 0.7% pr. liter af det daglige indtag, ville vi forvente $0.43 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs l}^{-1}$ dansk mælk. Vi fandt $0.55 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs l}^{-1}$ (se tabel 16.1).

Cesium - 137 in Grass 1987
(Mean of June and Sept.)

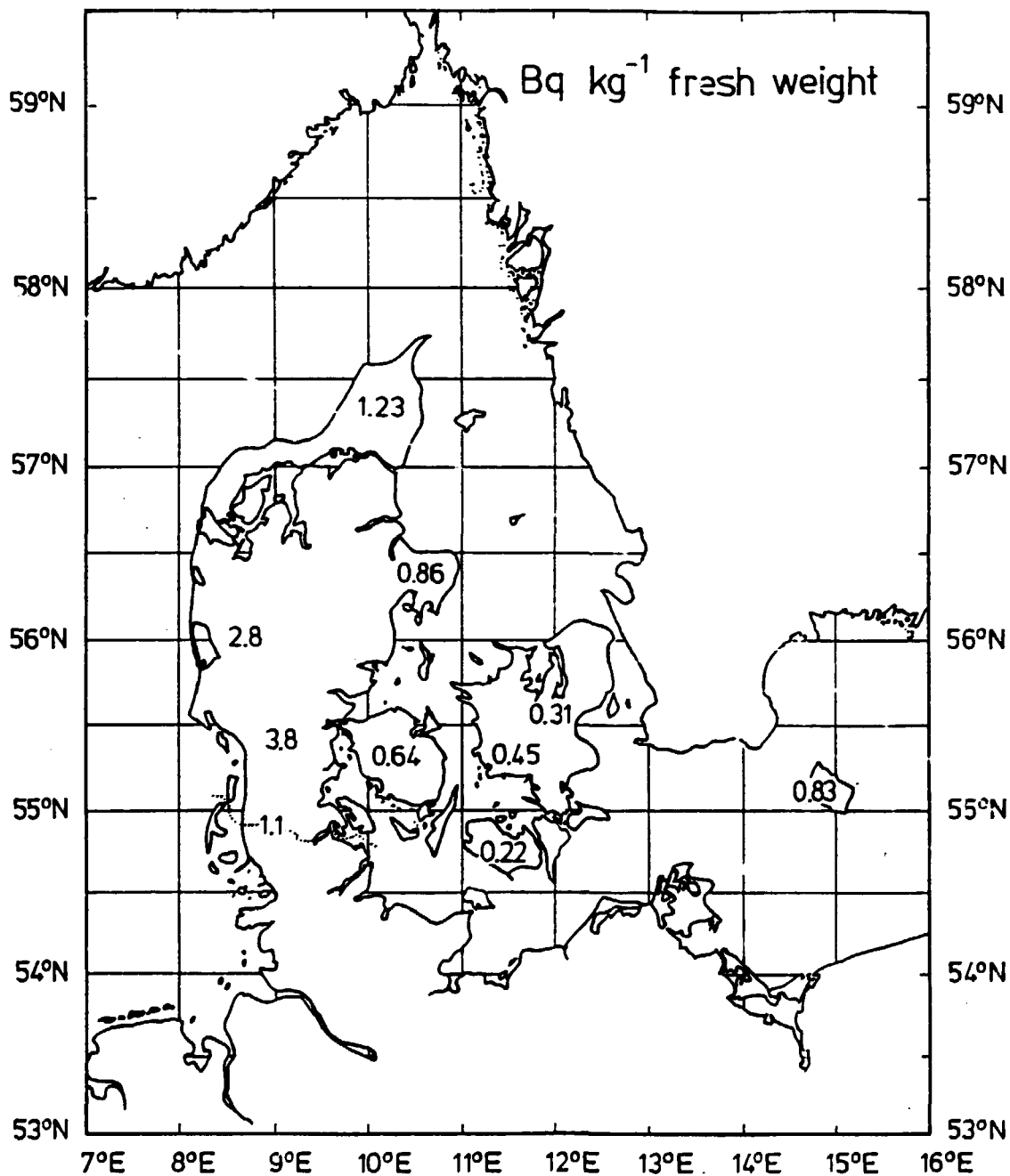


Fig. 8.1. Caesium-137 deposition on grass collected at the State experimental farms in Denmark. Mean of June and Sept. 1987. Unit: Bq kg⁻¹ fresh weight.

Fig. 8.1. Cæsium-137 nedfald på græs fra statens forsøgsstationer. Middel af juni og sept. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹ frisk vægt.

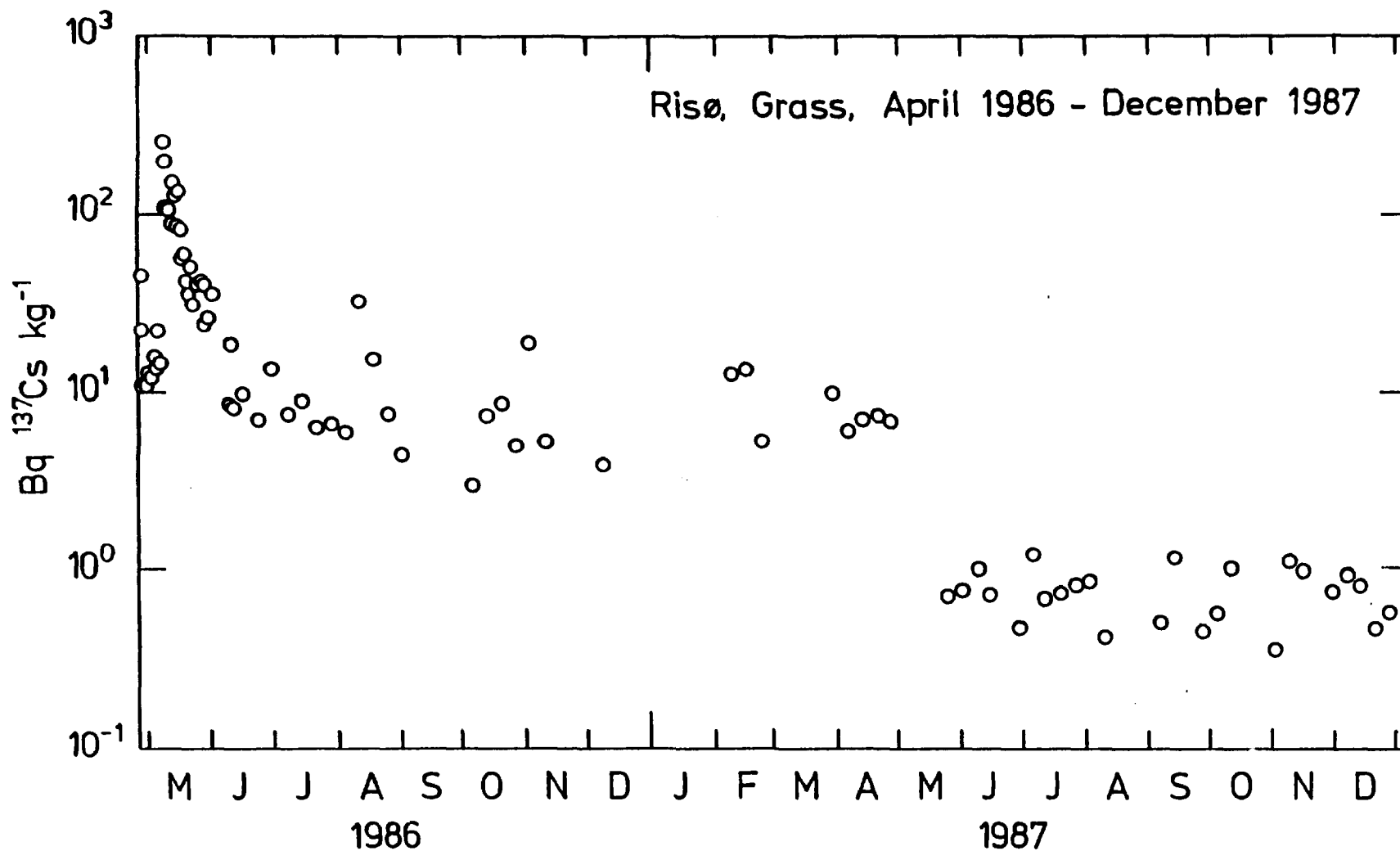


Fig. 8.2. Caesium-137 in grass samples collected at Risø, Denmark in the period April 1986-Dec. 1987.

Fig. 8.2. Cæsium-137 i græsprøver indsamlet på Risø i perioden april 1986-dec. 1987.

2.9. Foder: roer, roetoppe, halm

(Figurerne og tabellerne 9 i denne rapport og tabellerne H i appendix 2).

Cs-137 niveauerne i foder faldt ca. en faktor 3 fra 1986 til 1987. Halm udviste det største fald, roer det mindste.

Tabel 9. Radioaktive stoffer i foder (roer, roetoppe og halm) indsamlet fra Statens Forsøgsstationer i efteråret 1987. Enhed Bq kg⁻¹.

Strontium-90, ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs in fodder collected countrywide in the autumn 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs
Roer (Beets)	0.57	0.08	0.31
Roetoppe (Beet leaves)	0.55	0.17	0.36
Halm (Straw)	6.3	1.26	0.31

Cesium - 137 in Beets, Sept.- Okt. 1987

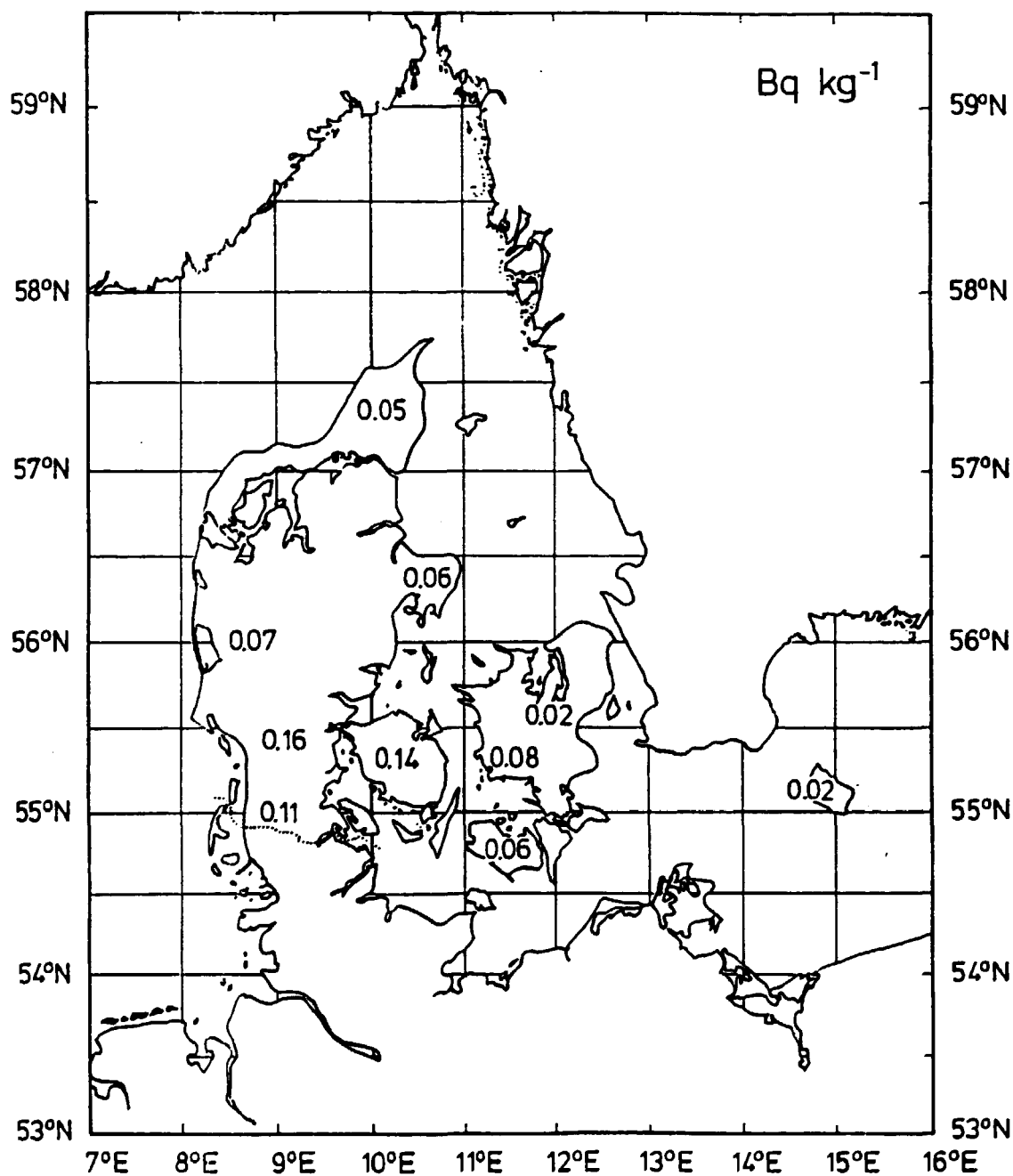


Fig. 9.1. Caesium-137 in beets collected at the 10 State experimental farms in Denmark in Sept.-Oct. 1987. Unit: Bq kg^{-1} .

Fig. 9.1. Cesium-137 i roer indsamlet på statens forsøgsstationer i sept.-okt. 1987. Enhed: Bq kg^{-1} .

Cesium - 137 in Beet Leaves, Sept.- Oct. 1987

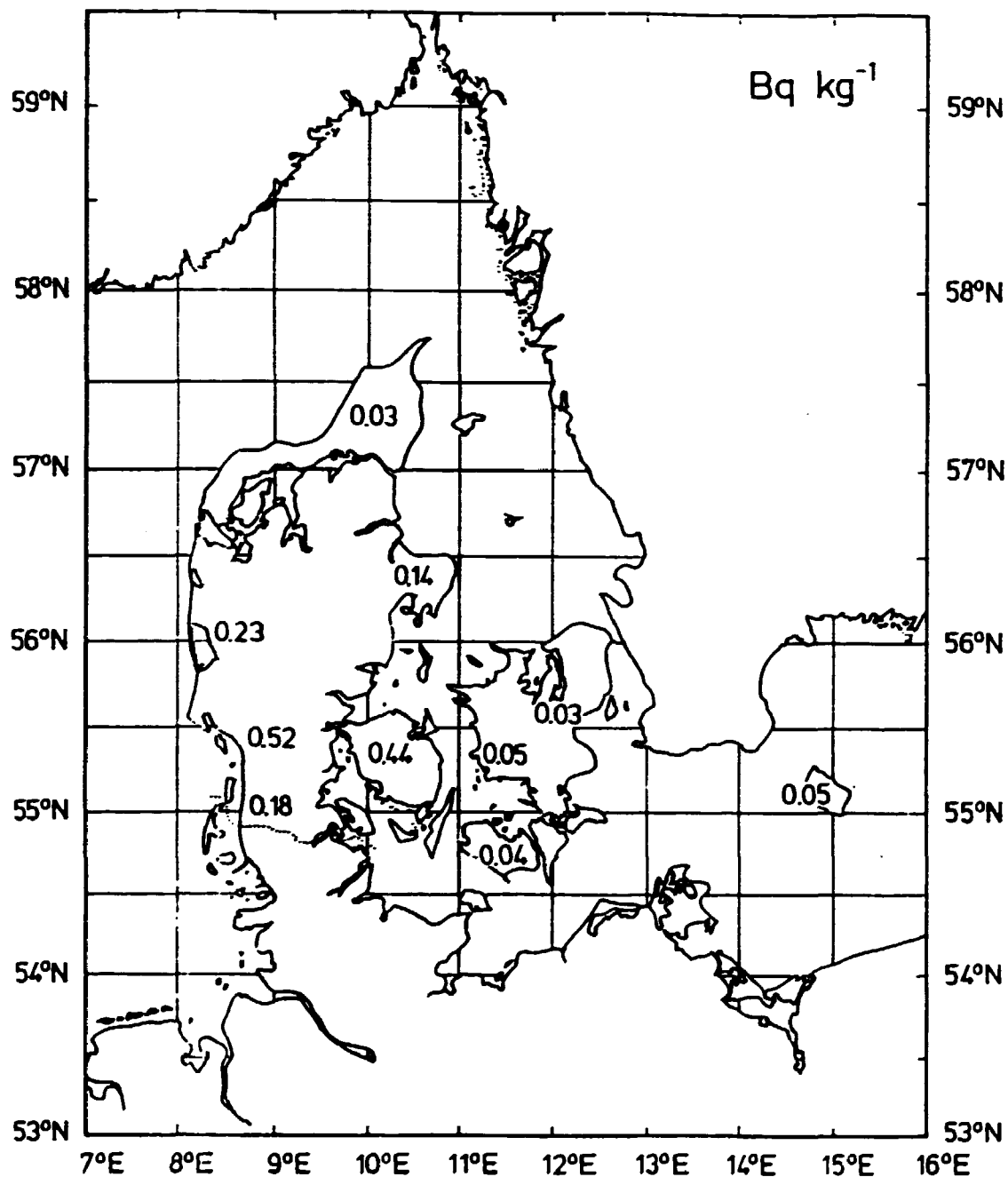


Fig. 9.2. Caesium-137 in beet leaves collected at the 10 State experimental farms in Denmark in sept.-oct. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 9.2. Caesium-137 i roeblæde indsamlet på statens forsøgsstationer i sept.-okt. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium - 137 in Barleystraw, Sept. 1987

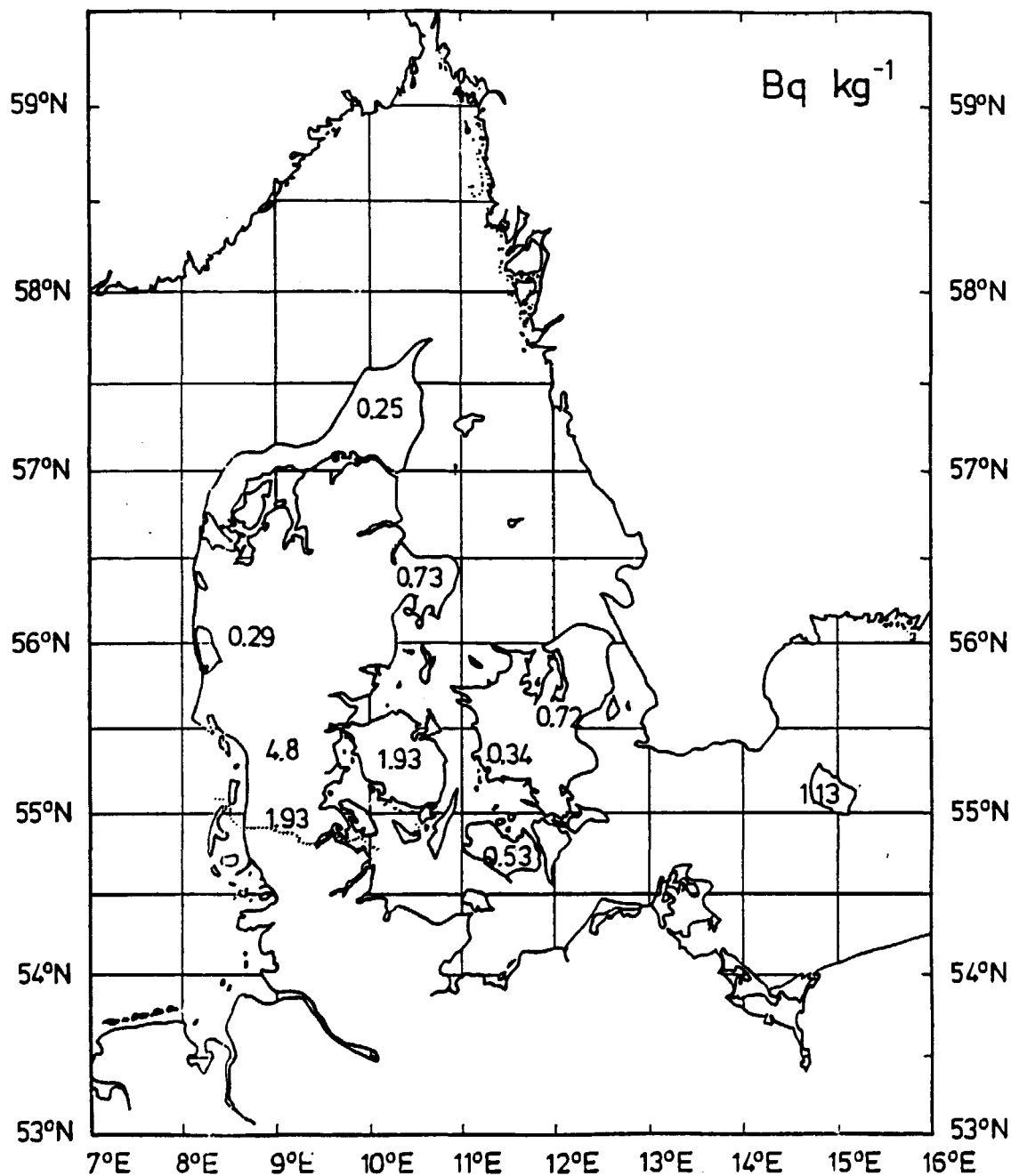


Fig. 9.3. Caesium-137 in barley straw collected at the State experimental farms in Denmark in Sept. 1987. Unit: Bq kg^{-1} .

Fig. 9.3. Caesium-137 i bygghalm indsamlet på statens forsøgsstationer i sept. 1987. Enhed: Bq kg^{-1} .

2.10 Lav og mos

(Tabel 10 i denne rapport og tabellerne I i appendix 2). Lav er en effektiv opsamler af radioaktivt nedfald og Tjernobyl signalet var tydeligt i alle prøver. Fra 1986 til 1987 er der generelt tale om et fald i Cs-137 aktiviteten, selv om en enkelt station udviser en mindre stigning, som imidlertid må tillægges prøveudtagningsusikkerhed. Det er interessant at konstatere, at det først og fremmest er toplaget, der indeholder Tjernobyl nedfald, og dette forhold ændrer sig ikke fra 1986 til 1987.

Tabel 10. Radioaktive stoffer i lav indsamlet i 1986 og 1987. Enhed: Bq m⁻²(+1SD).

Radionuclides in lichen collected in 1986 and 1987. Unit: Bq m⁻²(+1SD).

		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs
Oustrup	top		1250+215	0.43+0.05
	juni 1986	-	N=5	N=5
	bund		1037+328	0.05+0.08
	top		833+112	0.32+0.01
	aug. 1987	-	N=5	N=5
	bund		632+343	0.04+0.03
Skagen	top	8.5	403+50	0.49+0.01
	juni 1986	N=1	N=2	N=2
	top	29.3+27	465+22	0.34+0.00
	sept. 1987	N=3	N=3	N=3
Bornholm	top	-	677	0.45
	sept. 1986		N=1	N=1
	top	4.7	152	0.22
	sept. 1987	N=1	N=1	N=1

Teoretisk ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs forhold i Tjernobyl nedfald: 0.36 i sept. 1987 og 0.53 i juni 1986.

In Chernobyl debris the ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs ratio was 0.36 in Sept. 1987 and 0.53 in June 1986.

2.11. Tang

(Figurerne 11 i denne rapport og tabellerne N i appendix 2).

De største ^{137}Cs bidrag i tang fra Tjernobyl findes i de østligste prøver, dette fremgår af de højere $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ forhold i disse prøver. Fra 1986 til 1987 faldt ^{137}Cs niveauet i tang indsamlet i sommermånederne ca. en faktor 1.5.

Radiocesium in *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus*, May - Nov. 1987

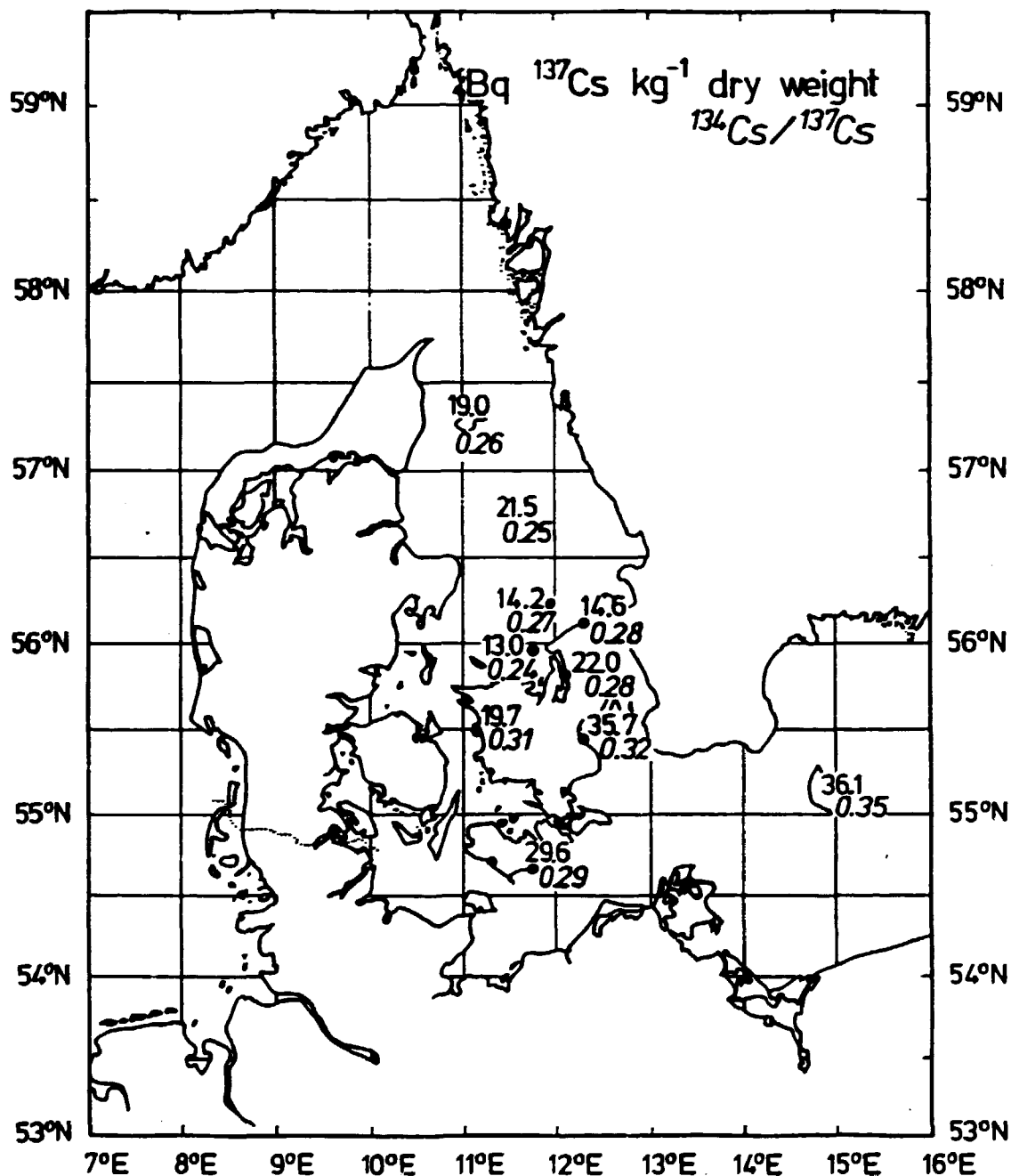


Fig. 11.1. Caesium-137 and $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ (lower figure) in *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* collected in May-Nov. 1987 along the Danish coasts. Unit: Bq kg^{-1} dry weight.

Fig. 11.1. Cæsium-137 og $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ (nederste tal) i blæretang og savtang indsamlet i maj-nov. 1987 langs de danske kyster. Enhed: Bq kg^{-1} tørvægt.

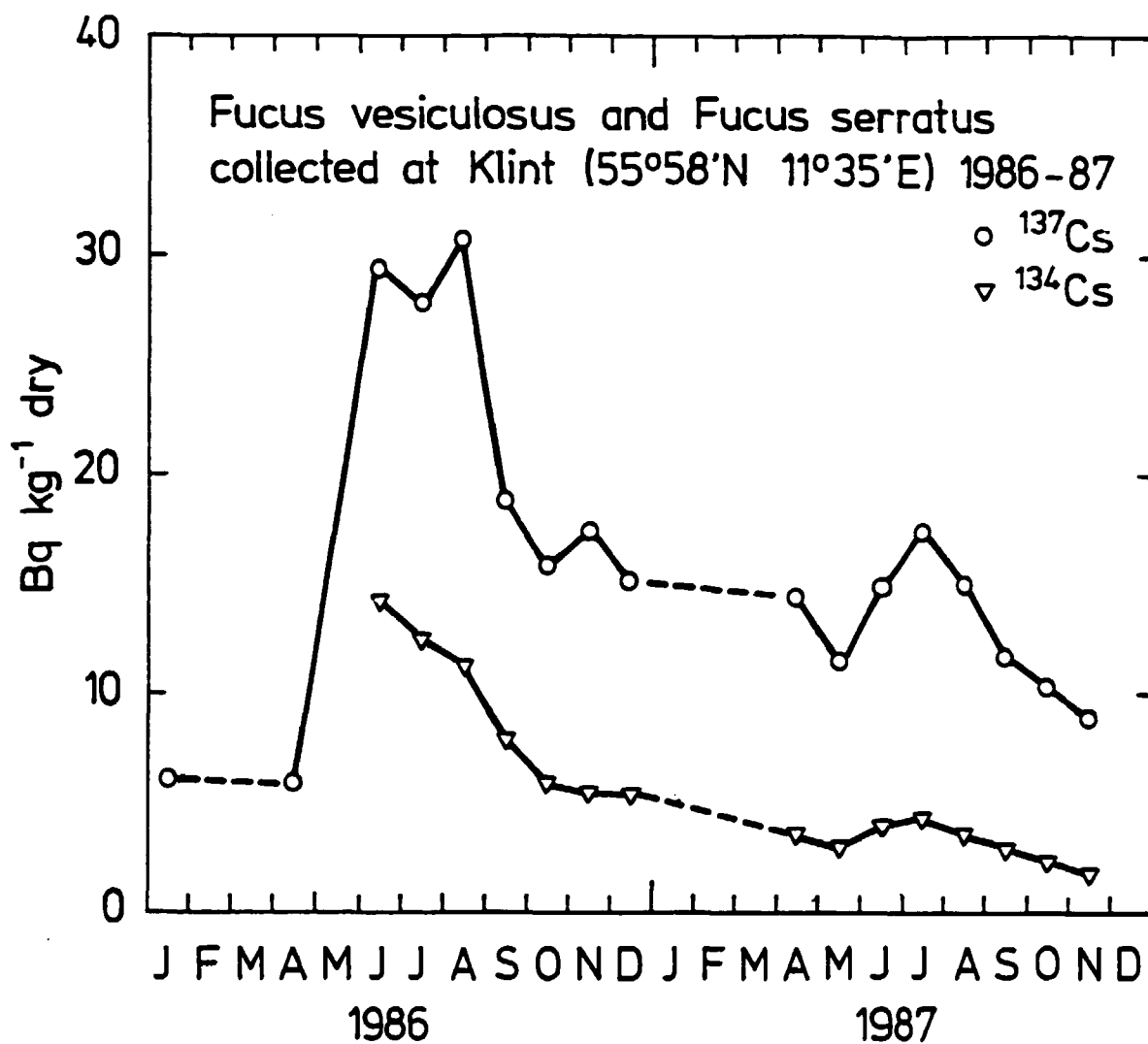


Fig. 11.2. Caesium-137 and ^{134}Cs (lower curve) in *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus* from April 1986 to Nov. 1987 collected at Klint, Zealand (55°58'N, 11°35'E).

Fig. 11.2. Cæsium-137 og ^{134}Cs (nederste kurve) i blåretang og savtang indsamlet ved Klint i N-Sjælland i perioden april 1986 til nov. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹ tørvægt.

2.12. Korn

(Tabellerne og figurerne 12 i denne rapport og tabellerne J i appendix 2).

Fra 1986 til 1987 faldt ^{137}Cs aktiviteten i rug en faktor 62, i byg og hvede en faktor 8, og havre var næsten uændret. Cs-137 nedfaldet i perioden maj-aug, som er afgørende for ^{137}Cs indholdet i dansk korn, faldt fra 1986 til 1987 en faktor 65 (se tabel 2.1.). Dette viser, at det kun var rug, der opførte sig "normalt" efter Tjernobyl. De andre kornarter modtog ikke den forurening i 1986, som vi ville have ventet; formentlig fordi det meste af nedfaldet regnede af afgrøderne, fordi de kun var lidt udviklende i sammenligning med rugen.

Tabel 12. Radioaktive stoffer i dansk korn fra høsten 1987. Landsgennemsnit i Bq kg⁻¹.

Strontium-90 and radiocaesium in Danish grain collected country-wide at the harvest 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
Rug (Rye)	0.40	0.18	0.28
Vinterbyg (Winter barley)	0.63	0.13	0.24
Vårbyg (Spring barley)	0.54	0.078	-
Vinterhvede (Winter wheat)	0.49	0.077	0.38
Vårhvede (Spring wheat)	0.78	0.050	-
Havre (Oats)	0.57	0.69	0.28

Teoretisk $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ forhold i rent Tjernobyl nedfald i sept. 1987: 0.36

Theoretical $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio in Cherobyl debris at harvest 1987: 0.36

Cesium - 137 in Winterwheat, Sept. 1987

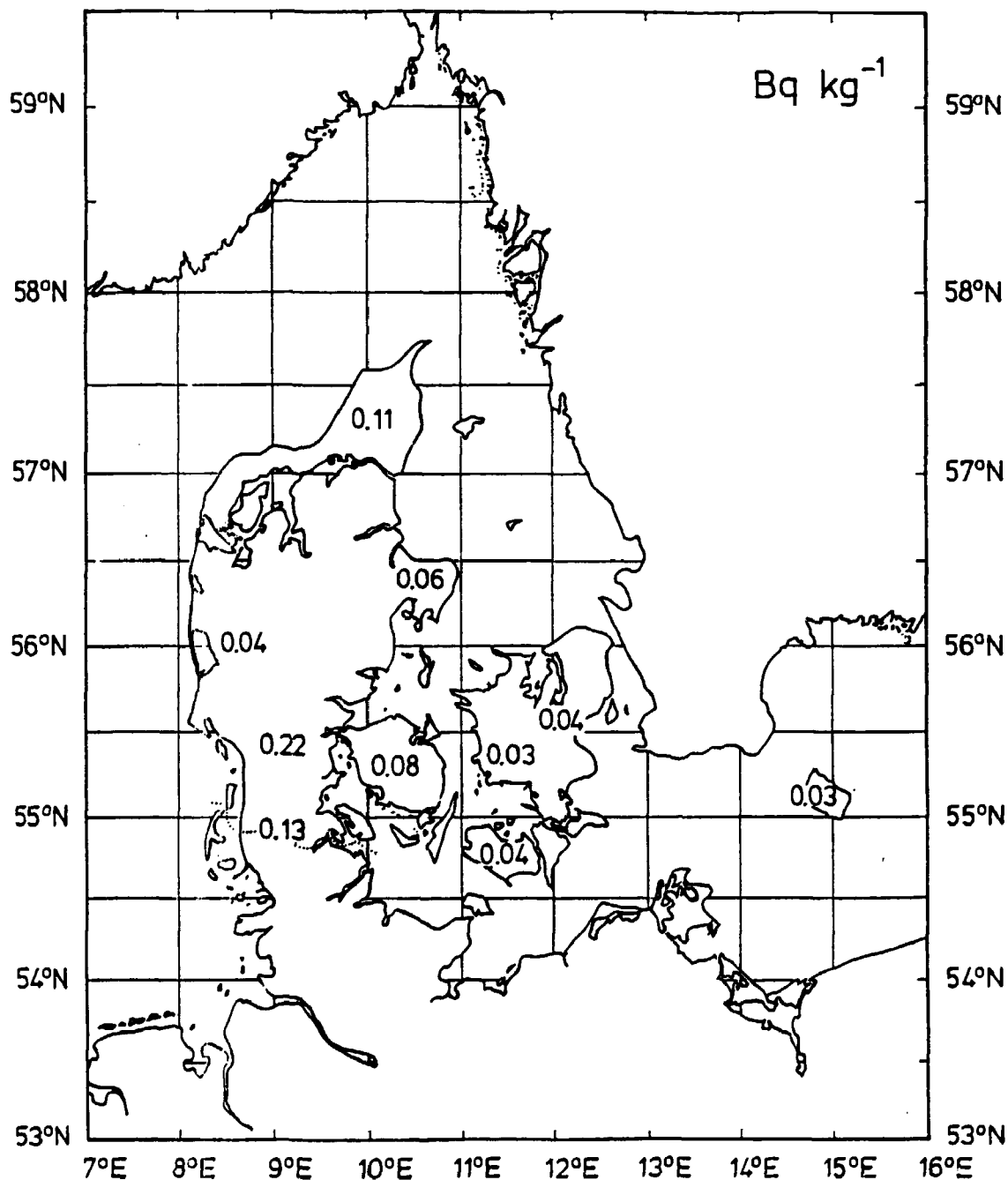


Fig. 12. Caesium-137 in winter wheat collected at the State experimental farms in Denmark in Sept. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 12. Cæsium-137 i vinterhvede indsamlet på statens forsøgsstationer i sept. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

2.13. Brød

(Tabel 13 i denne rapport og tabellerne J i appendix 2).

Cs-137 indholdet i brød indsamlet nov. 1986 og juni 1987 vil være bestemt af niveauerne i kornhøsten 1986. Vi ville have ventet ca. 8 Bq ^{137}Cs kg^{-1} rugbrød og 0.2 Bq ^{137}Cs kg^{-1} franskbrød. Tabel 13 viser, at rugbrødet passer rimeligt med forudsigelsen, mens franskbrødet indeholder mere ^{137}Cs end ventet. Forklaringen er formentlig, at vi har importeret hvede fra områder kraftigere forurenet med Tjernobyl nedfald end Danmark.

Tabel 13. Radioaktive stoffer i dansk brød i 1986-87. Enhed: Bq kg^{-1} .

Strontium-90 and radiocaesium in Danish bread collected country-wide in Nov. 1986 and June 1987. Unit Bq kg^{-1} .

		^{90}Sr	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
Nov 1986	rugbrød (ryebread)	0.28	7.7	0.48
	franskbrød (white bread)	0.12	0.86	0.46
Jun. 1987	rugbrød (rye bread)	0.25	6.05	0.40
	franskbrød (white bread)	0.14	0.54	0.38

Teoretisk $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ forhold i Tjernobyl nedfald i nov 86: 0.46 og i juni 87: 0.39.

Theoretical $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio in Chernobyl debris in Nov 86: 0.46 and in June 87: 0.39.

2.14. Grøntsager og kartofler

(Tabellerne og figurerne 14 i denne rapport og tabellerne K og L i appendix 2).

Fra 1986 til 1987 faldt ^{137}Cs niveauerne i danske grøntsager og kartofler gennemsnitligt en faktor 2.4. Faldet var størst i bladgrøntsager. De højeste ^{137}Cs niveauer findes i den sydvestlige del af landet.

Tabel 14. Radioaktive stoffer i danske grøntsager i sept.-okt. 1987 indsamlet i hele landet. Enhed: Bq kg^{-1} .

Strontium-90 and radiocaesium in Danish vegetables collected country-wide in Sept-Oct 1987. Unit: Bq kg^{-1} .

		^{90}Sr	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
Salat*	(Lettuce)	0.24	0.143	0.34
Hvidkål	(Cabbage)	0.26	0.059	0.29
Bønner	(Beans)	0.33	0.075	0.24
Ærter*	(Peas)	0.47	0.068	0.34
Gulerødder	(Carrots)	0.30	0.060	0.38
Løg	(Onion)	0.21	0.02	-
Kartofler	(potatoes)	0.043	0.134	0.28
* Jul.-Aug.				

Cesium-137 in Cabbage, Sept.-Oct. 1987

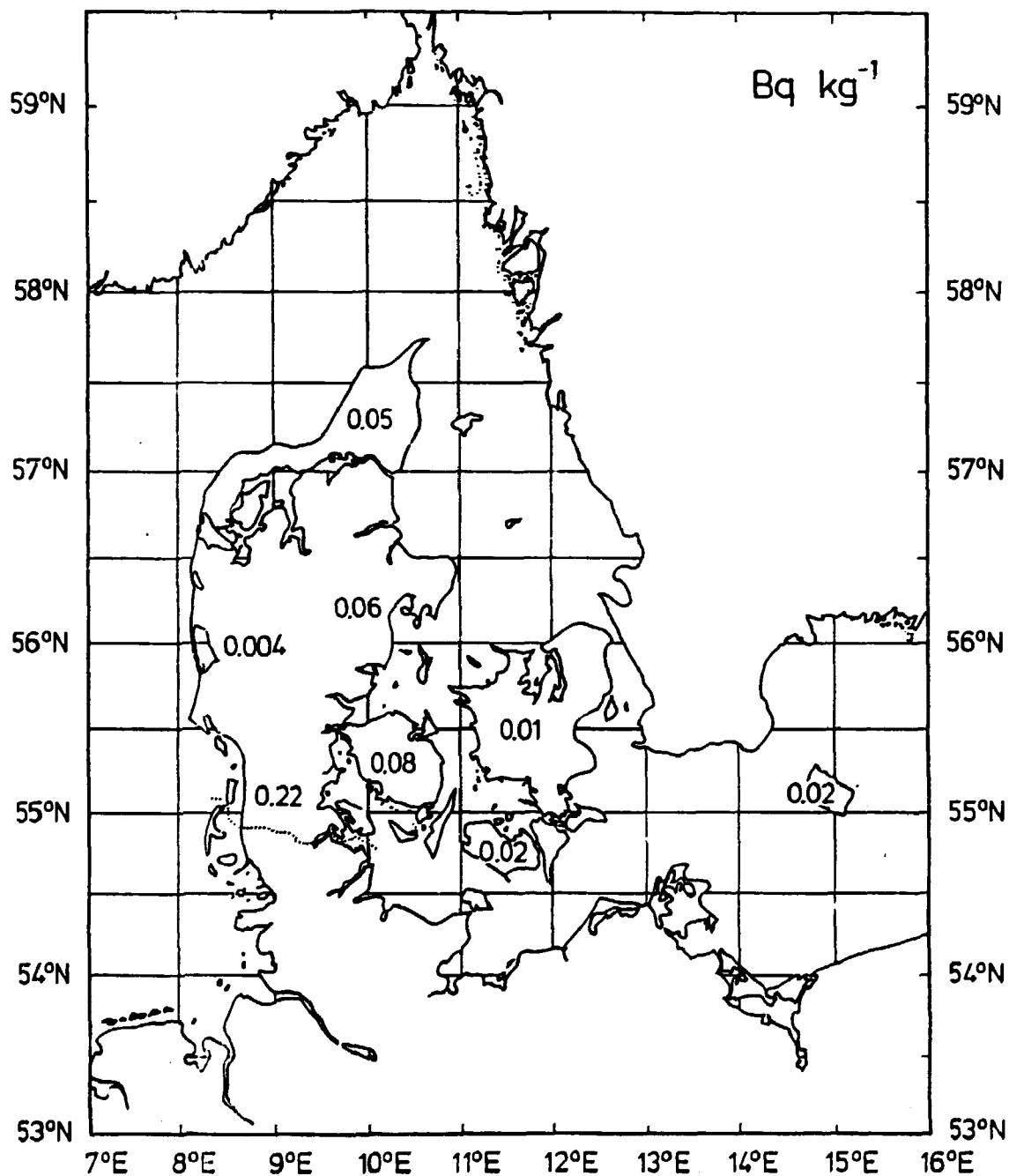


Fig. 14.1. Caesium-137 in cabbage collected countrywide in Denmark in Sept.-Oct. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 14.1. Cæsium-137 i hvidkål indsamlet i de 8 landsdele i sept.-okt. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium - 137 in Peas, July 1987

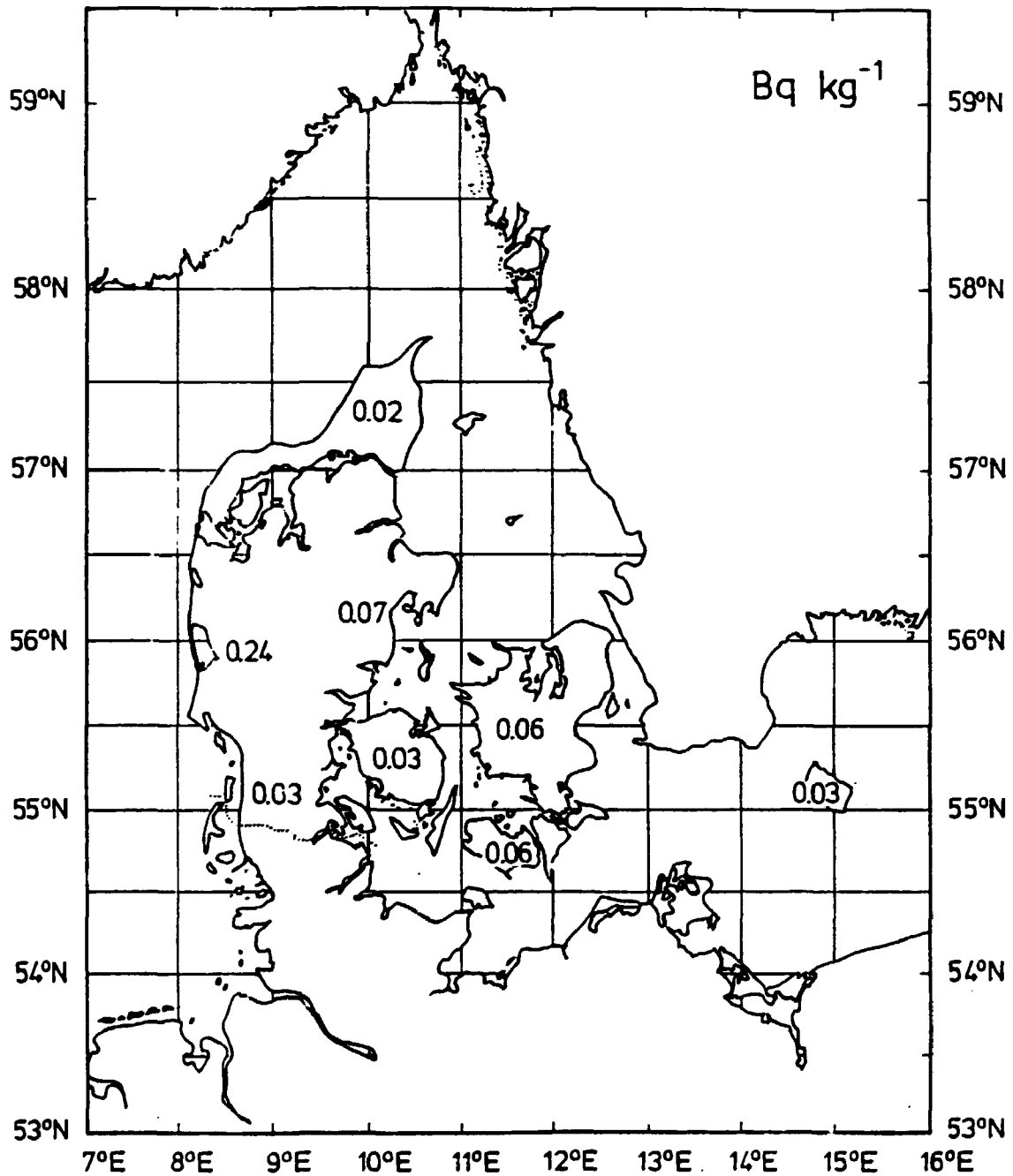


Fig. 14.2. Caesium-137 in peas collected countrywide in Denmark in July 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 14.2. Caesium-137 i ærter indsamlet i de 8 landsdele i juli 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium-137 in Carrots, Sept. - Oct. 1987

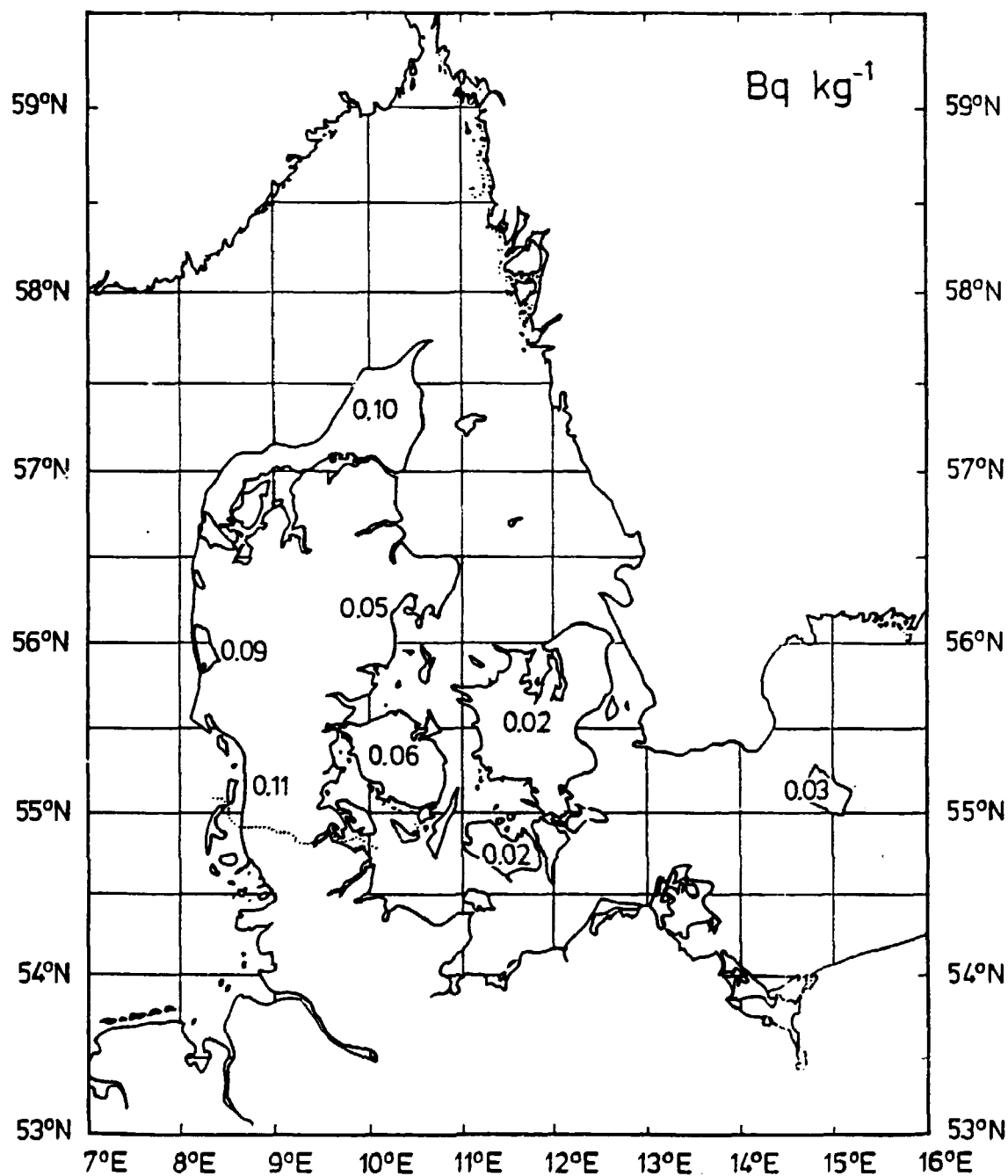


Fig. 14.3. Caesium-137 in carrots collected countrywide in Denmark in Sept.-Oct. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 14.3. Cesium-137 i gulerødder indsamlet i de 8 landsdele i sept.-okt. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium - 137 in Potatoes, Oct. 1987

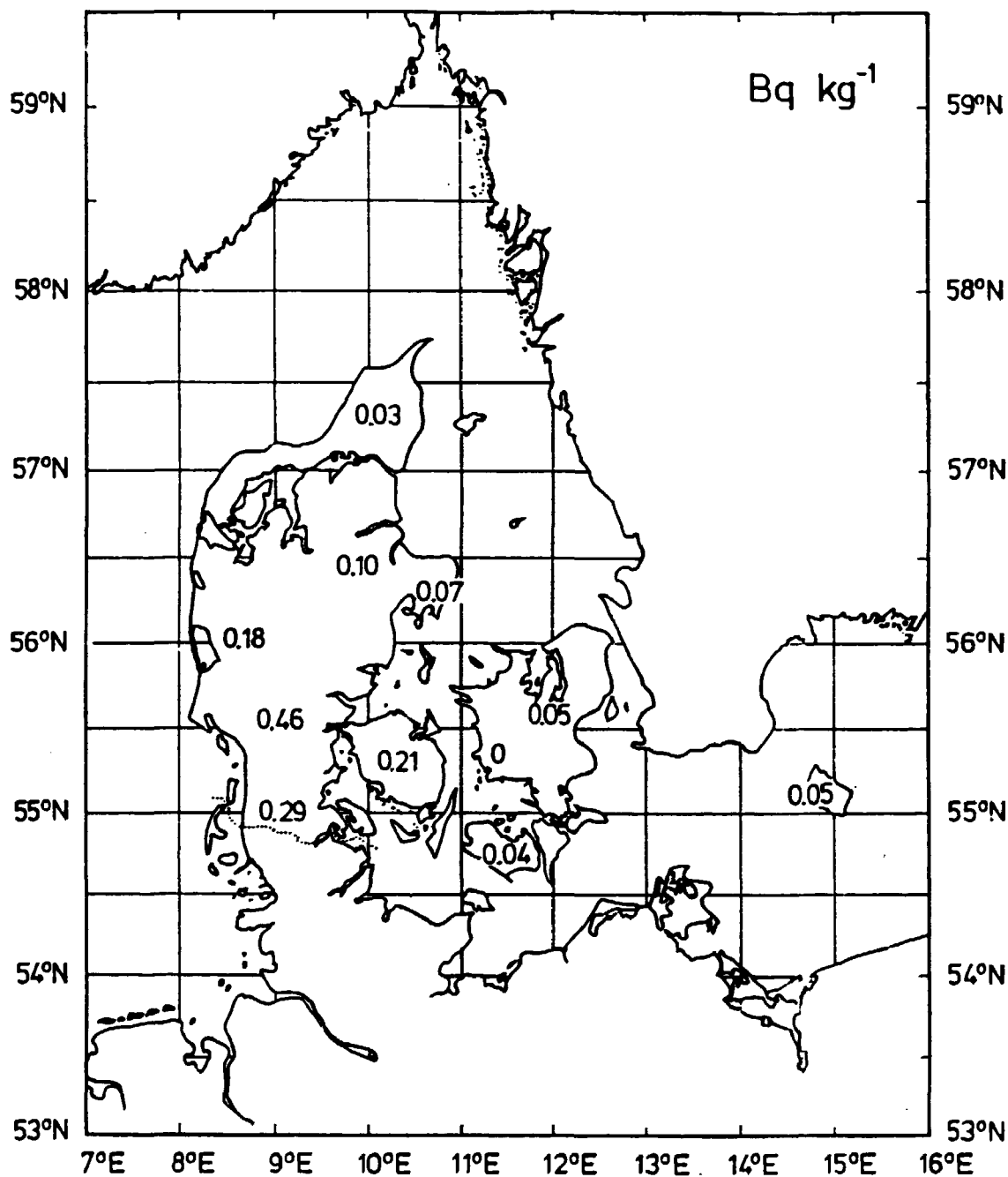


Fig. 14.4. Caesium-137 in potatoes from the State experimental farms in Denmark collected in Oct. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 14.4. Cesium-137 i kartofler fra statens forsøgsstationer indsamlet i okt. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

2.15. Frugt

Tabellerne og figurerne 15 i denne rapport og tabellerne M i appendix 2).

Fra 1986 til 1987 faldt ^{137}Cs indholdet i dansk frugt i gennemsnit med en faktor 21. Faldet for frugt var således væsentligt højere end for grøntsager. Dette skyldes de høje 1986 værdier for frugt, som igen skyldes den velkendte translokation af ^{137}Cs til planternes frugter. Som for grøntsager findes de højeste niveauer i den sydvestlige del af landet.

Tabel 15. Radioaktive stoffer i dansk frugt indsamlet i alle landsdele i 1987. Enhed: Bq kg^{-1} .

Strontium-90 and radiocaesium in Danish fruit collected country-wide in 1987. Unit: Bq kg^{-1} .

	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	Måned (Month)
Ribs (Red currant)	0.26	0.37	0.40	Jul.
Solbær (Black currant)	0.36	0.89	0.37	Aug.
Hindbær (Raspberry)	0.17	0.19	0.42	Jul.-Aug.
Stikkelsbær (Gooseberry)	0.23	0.41	0.40	Jul.
Jordbær (Strawberry)	0.22	0.102	0.38	Jul.
Kirsebær (Cherry)	0.085	0.58	0.39	Aug.
Æbler (Apple)	0.025	0.21	0.40	Sep.-Oct.

Fra juli til okt. aftog $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ forholdet i Tjernobyl nedfald fra 0.38 til 0.35.

From July to Oct. the $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio in Chernobyl debris decreased from 0.38 to 0.35.

Cesium-137 in Strawberries, July 1987

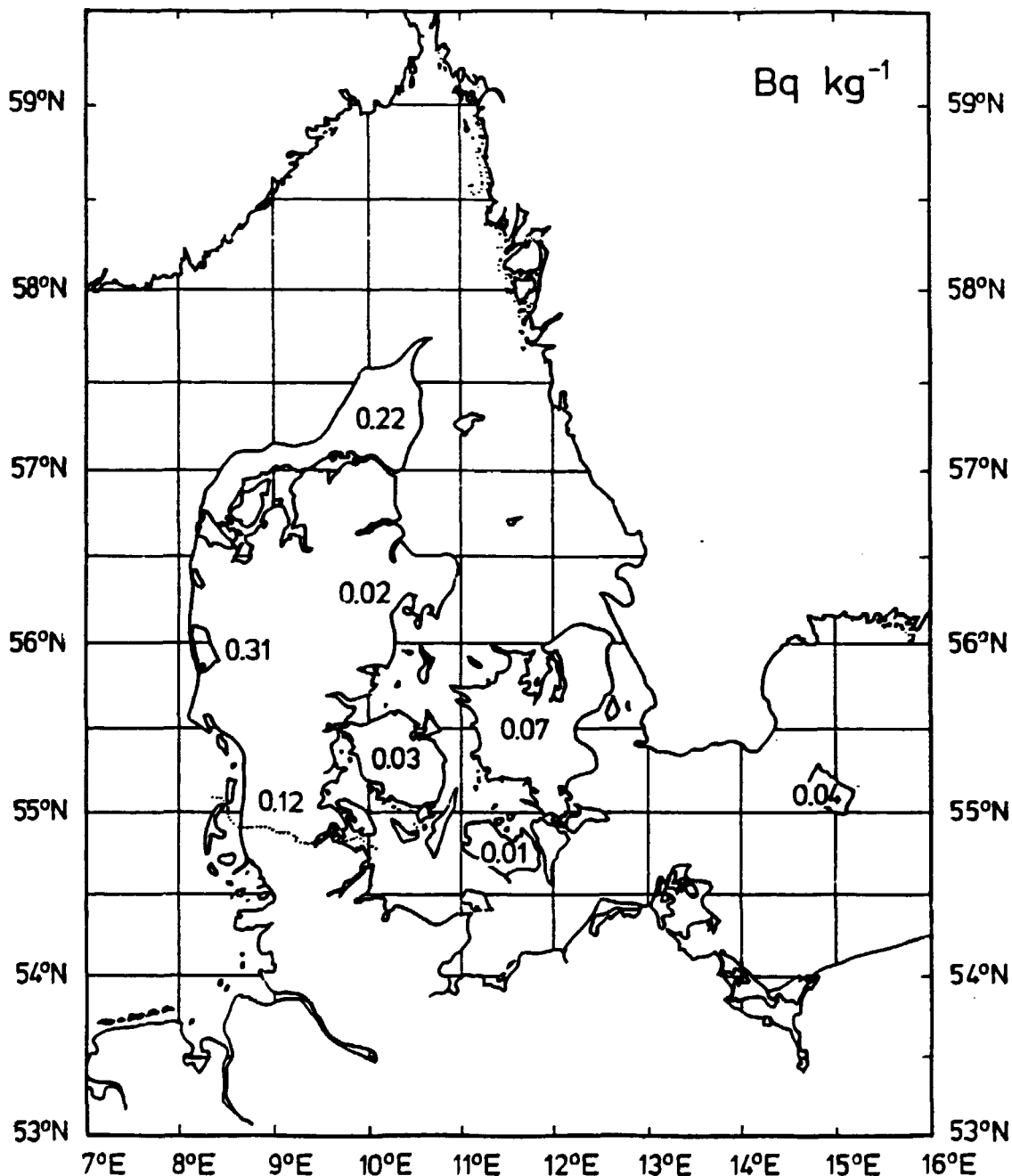


Fig. 15.1. Caesium-137 in strawberry collected country-wide in Denmark in July 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 15.1. Caesium-137 i jordbær indsamlet i de 8 landsdele i juli 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium - 137 in Berries, July - Aug. 1987
(Mean of Blackcurrant, Redcurrant, Gooseberry
and Raspberry ± 1 SE)

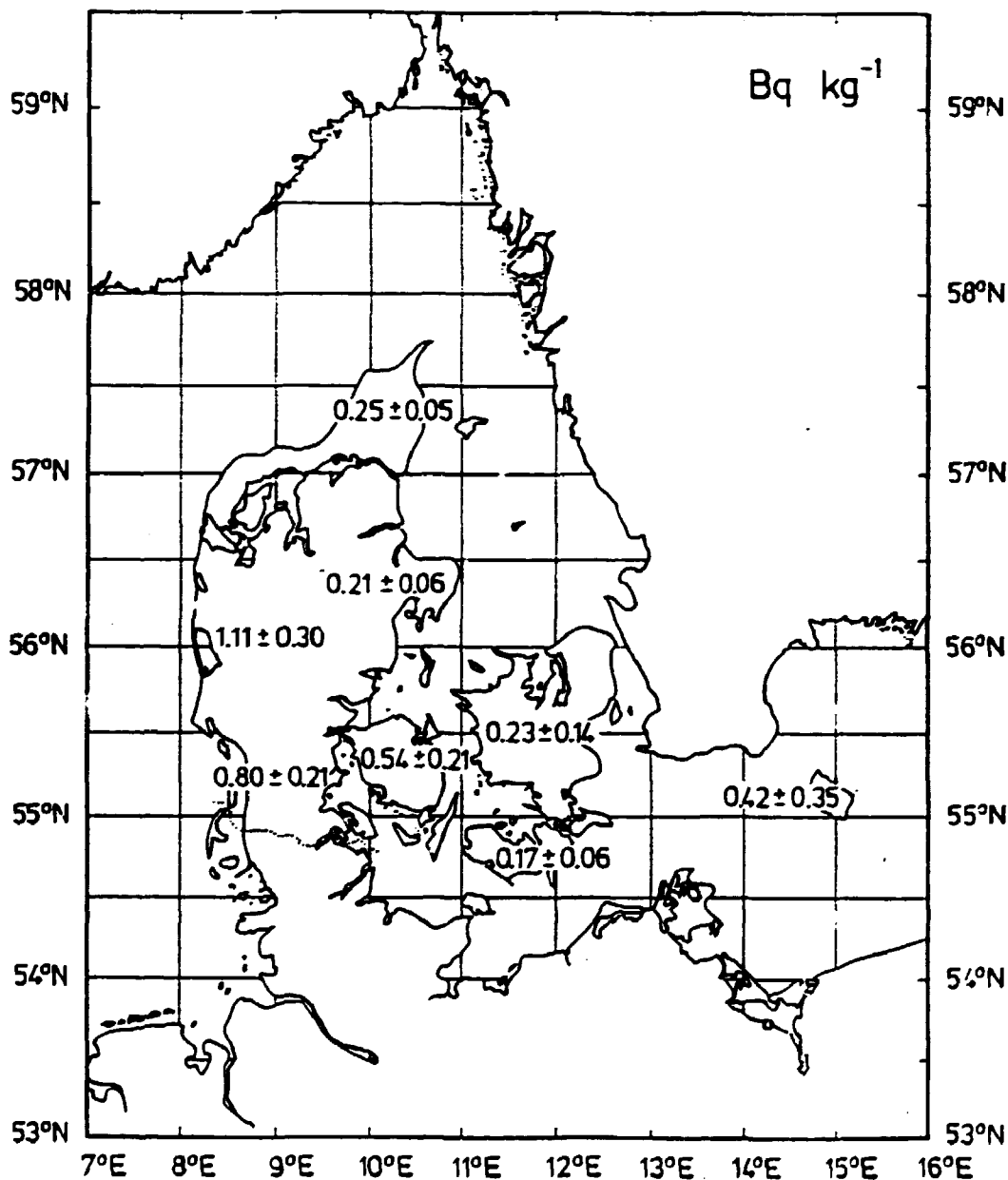


Fig. 15.2. Caesium-137 in berries collected country-wide in Denmark in June-August 1987. Mean of black and red currant, gooseberry and raspberry. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 15.2. Cæsium-137 i bær i de 8 landsdele i juni-august 1987. Middel af solbær, ribs, stikkelsbær og hindbær. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium -137 in Cherries, Aug. 1987

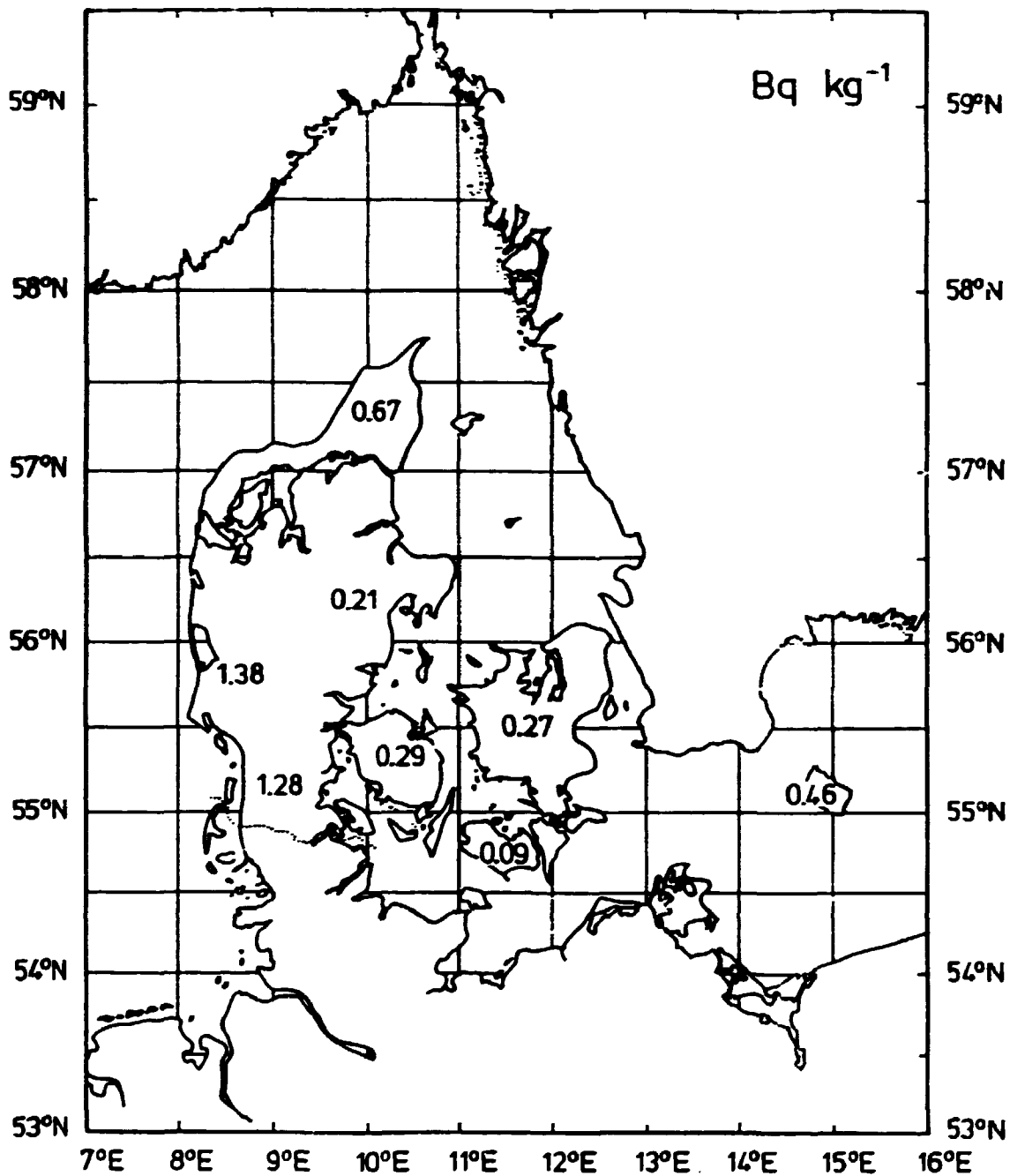


Fig. 15.3. Caesium-137 in cherries collected country-wide in Denmark in Aug. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 15.3. Caesium-137 i kirsebær indsamlet i de 8 landsdele i aug. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium-137 in Apples, Sept.-Oct. 1987

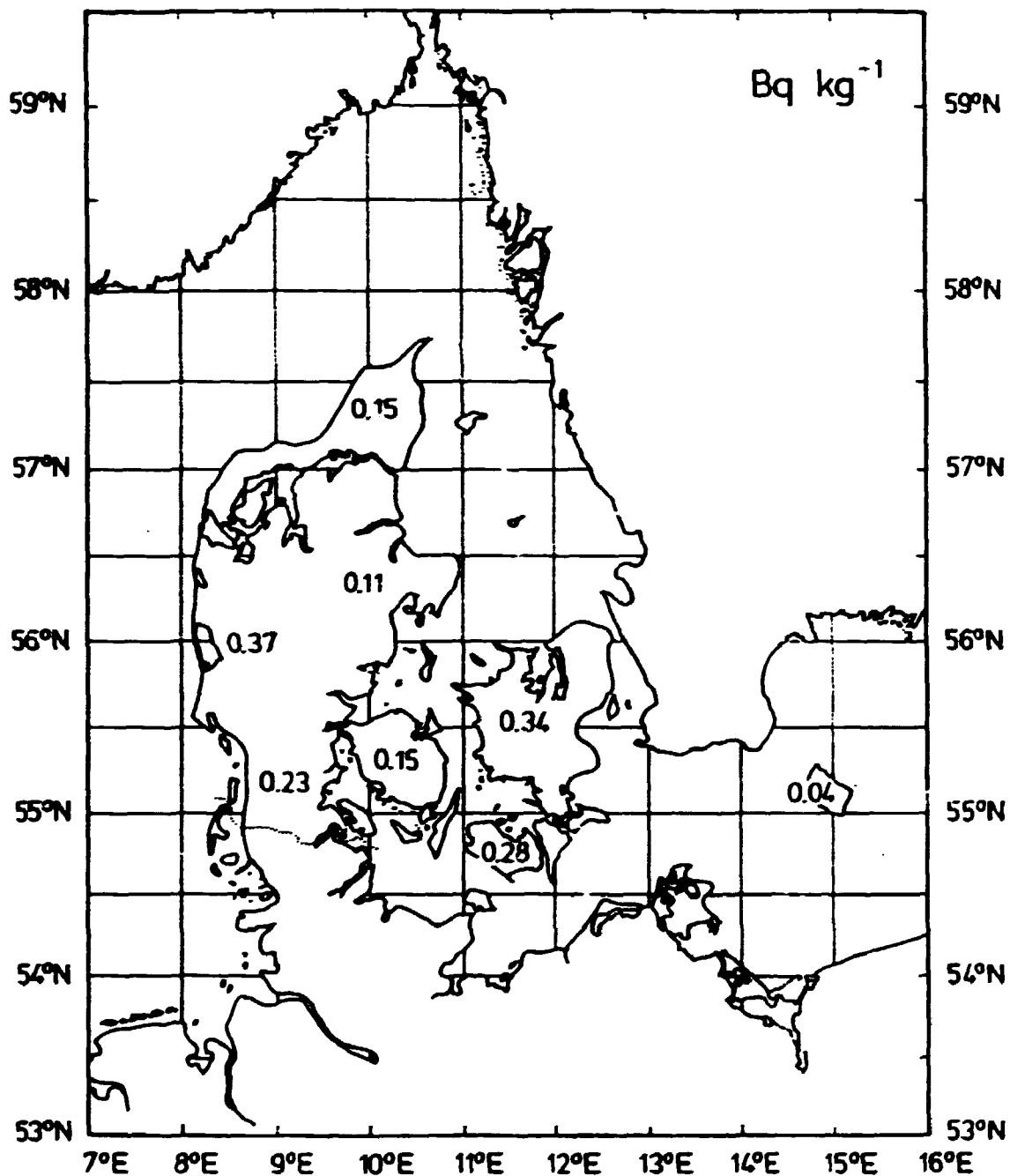


Fig. 15.4. Caesium-137 in apples collected country-wide in Denmark in Sept.-Oct. 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 15.4. Caesium-137 i æbler indsamlet i de 8 landsdele i sept.-okt. 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

2.16. Mælk

(Tabellerne og figurerne 16 i denne rapport og tabellerne 0 i appendix 2).

Cs-137 indholdet i dansk mælk faldt en faktor 2.6 i Jylland og en faktor 5.9 på øerne fra 1986 til 1987 (jvf. tabel 16.1). Cs-137 niveauet i mælk i 1987 svarer til det, vi ville vente udfra nedfaldet af ^{137}Cs , hvorimod 1986 mælkeniveauerne var lavere end forventet. Dette skyldes den relativt ringe optagelse af det tidlige Tjernobyl nedfald i afgrøderne (se diskussionen under korn 2.12).

Tabel 16.1. Radioaktive stoffer i dansk mælk fra græsnings-sæsonen 1986 og 1987. Enhed: Bq l⁻¹.

Strontium-90 and radiocaesium in Danish milk from the grazing season (May-Oct.) in 1986 and in 1987. Unit Bq l⁻¹. (+1SE).

	Landsdel (country part)	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
1986	Jylland (Jutland) (N=24)	0.094 +0.003	2.25 +0.28	0.50 +0.01
	Øerne (The Islands) (N=18)	0.059 +0.005	1.24 +0.30	0.50 +0.01
1987	Jylland (Jutland) (N=23)	0.085* +0.003	0.88 +0.08	0.35 +0.01
	Øerne (The Islands) (N=16)	0.058* +0.004	0.21 +0.02	0.34 +0.01
* (May Sept.)				

Målingerne er foretaget på tømælksprøver; ved omregningen til frisk mælk benyttes, at 1 l mælk indeholder 1,2 g Ca og 1,66 g K.

The measurements were carried out on dried milk and the ratios Bq $^{90}\text{Sr}(\text{gCa})^{-1}$ and Bq $^{137}\text{Cs}(\text{gK})^{-1}$ were determined. The calculation to fresh milk concentrations was carried out assuming that 1 l milk contains 1.2 g Ca and 1.66 g K.

Tabel 16.2. Radioaktive stoffer i dansk mælk fra indbindingsperioden: nov. 1986 - april 1987. Enhed: Bq l⁻¹.

Strontium-90 and radiocaesium in Danish milk during the staple season: Nov. 1986 - April 1987. Unit: Bq l⁻¹ (+1SE).

	Landsdel (country part)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs
nov. 1986 -	Jylland(Jutland) (N=23)	0.085 <u>+0.002</u>	1.09 <u>+0.07</u>	0.41 <u>+0.00</u>
	Øerne(The Islands) (N=18)	0.053 <u>+0.004</u>	0.45 <u>+0.06</u>	0.43 <u>+0.01</u>

(jf. bemærkning til foranstående tabel)

(cf. remarks to previous table)

Cesium-137 in Consumer's Milk Collected in June 1987

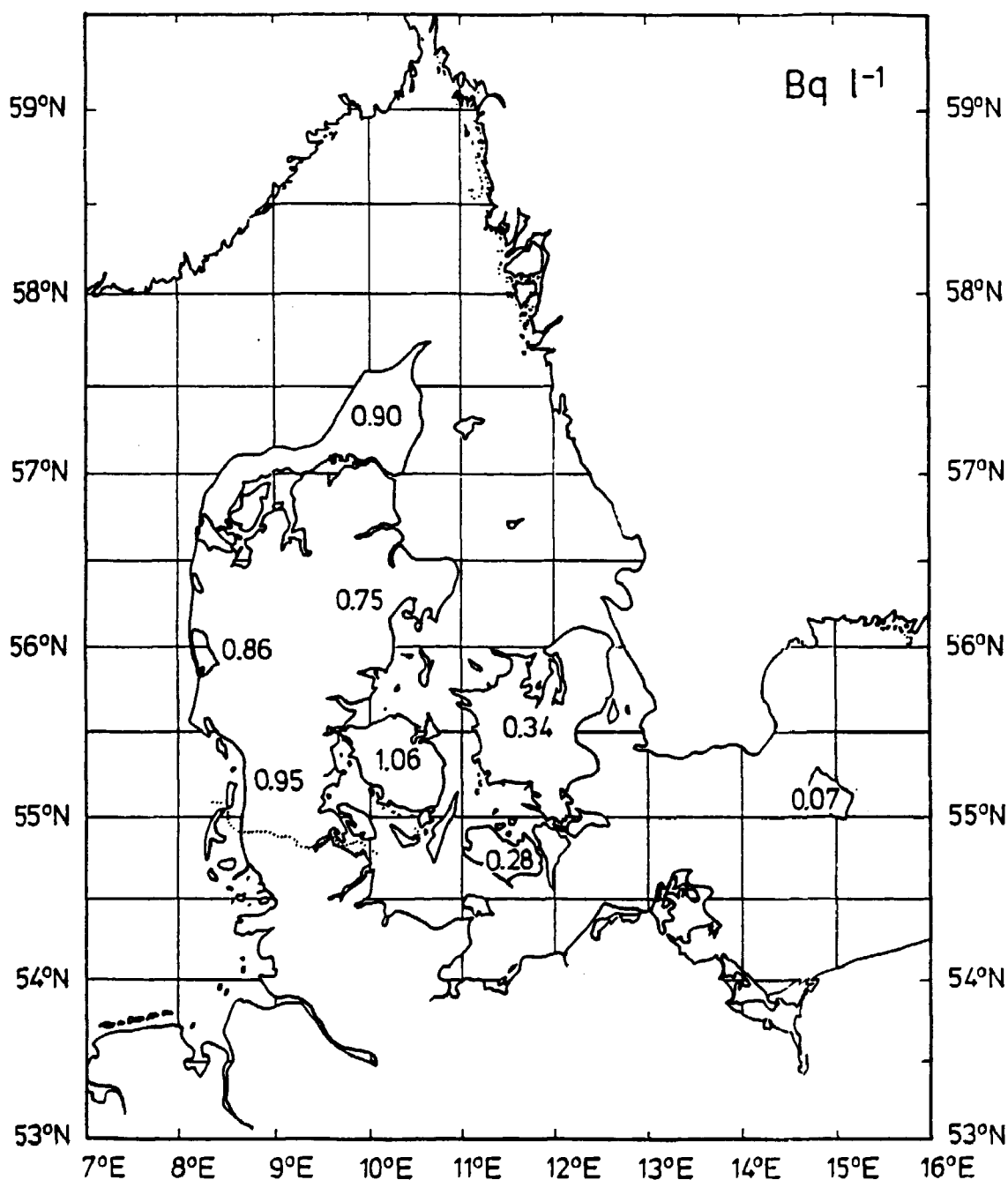


Fig. 16.1. Caesium-137 in consumer's milk collected country-wide in Denmark in June 1987. Unit: Bq l⁻¹.

Fig. 16.1. Caesium-137 i konsummælk indsamlet i de 8 landsdele i juni 1987. Enhed: Bq l⁻¹.

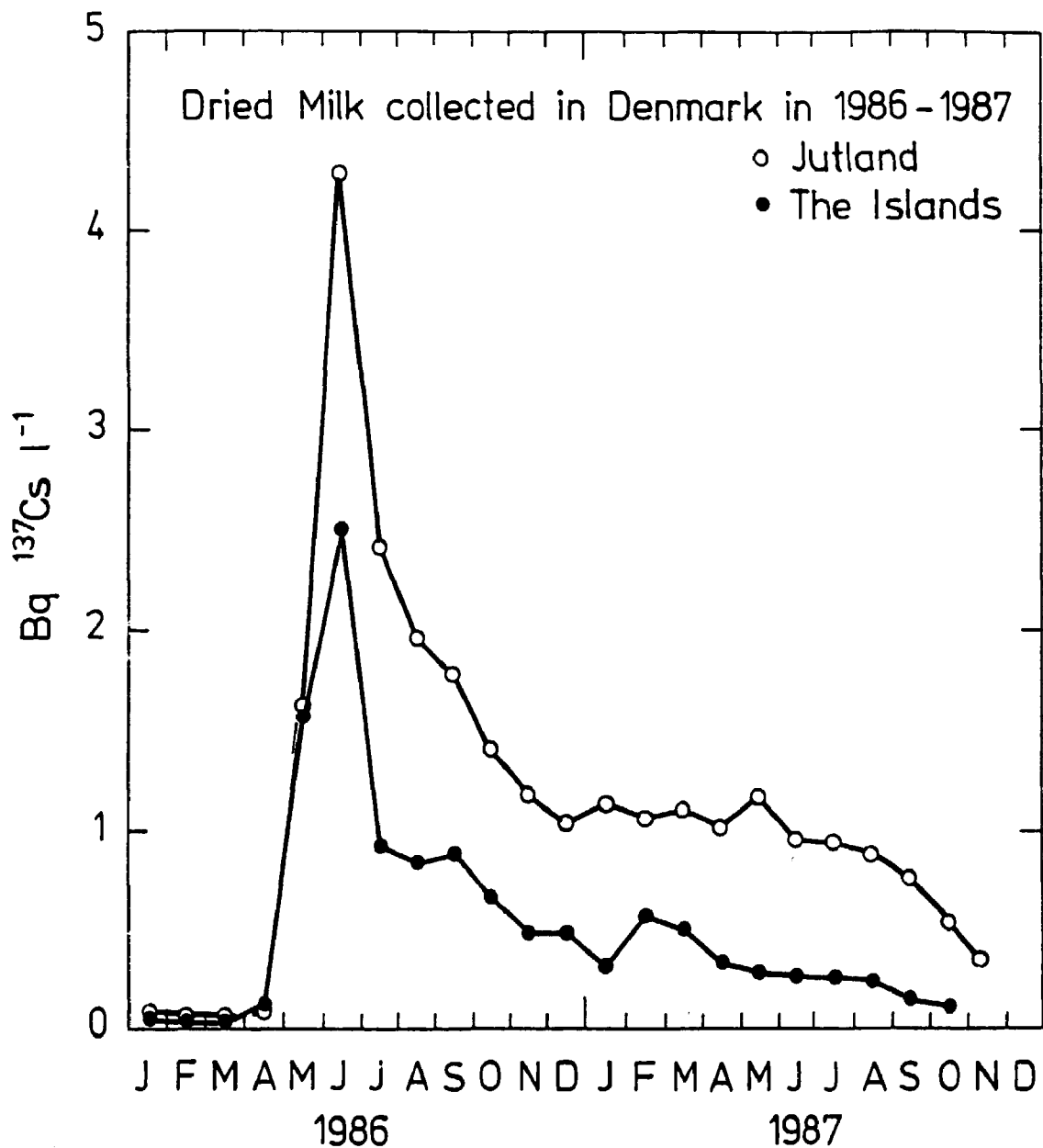


Fig. 16.2. Caesium-137 in Danish milk collected in Jutland (W-Denmark) and The Islands (E-Denmark) in 1986-87. The concentrations in liquid milk are based upon a potassium concentration of 1.66 g K per liter milk.

Fig. 16.2. Cæsium-137 i dansk mælk indsamlet i Jylland og på Øerne i 1986-87. Koncentrationen i frisk mælk er beregnet ud fra et kaliumindhold på 1.66 g K per liter mælk.

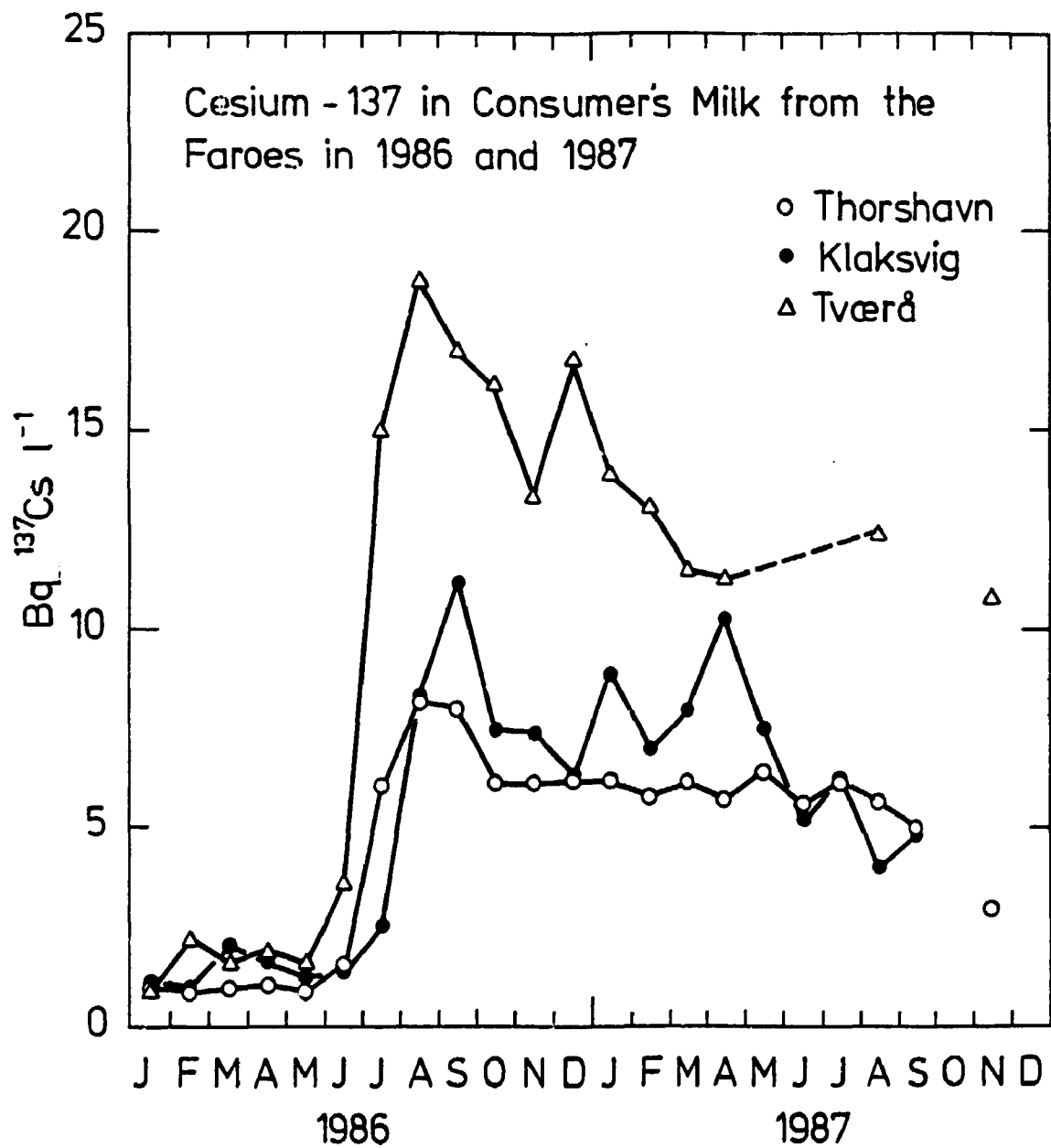


Fig. 16.3. Caesium-137 in milk collected at 3 locations in the Faroes in 1986-87.

Fig. 16.3. Caesium-137 i færøsk mælk i 1986-87.

2.17. Kød

(Tabellerne og figurerne 17 i denne rapport og tabellerne P i appendix 2).

I juni 1987 måles uventet høje ^{137}Cs koncentrationer i oksekød. Vi ser det specielt i prøver fra Bornholm, Østjylland og København. Dette giver os anledning til at tro, at der er tale om importeret kød fra landene syd for os. Ud fra mælkeniveauerne ville vi i dansk oksekød fra juni 1986 have forventet et niveau på 4-5 Bq kg $^{-1}$ i Jylland og på Fyn og 1-2 Bq kg $^{-1}$ i den østlige del af landet. I december 1987 er niveauerne i overensstemmelse med det forventede.

Tabel 17. Radioaktivt cæsium i "dansk" kød indsamlet i butikker over hele landet i 1986 og 1987. Enhed: Bq kg $^{-1}$.

Radiocaesium in Danish meat purchased countrywide in 1986 and 1987. Unit: Bq kg $^{-1}$.

		^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
jun. 1986	oksekød (beef)	1.02	0.50
	svinekød (pork)	0.44	0.47
jun. 1987	oksekød (beef)	9.5	0.39
	svinekød (pork)	1.24	0.35
dec. 1987	oksekød (beef)	1.93	0.31
	svinekød (pork)	0.60	0.27

Det kan ikke udelukkes, at oksekødet købt i juni i et vist omfang har været importeret fra andre lande i Europa.

The unexpected high level in beef from June 1987 may be due to import from countries with a higher contamination level than Denmark.

Cesium-137 in Beef, June 1987

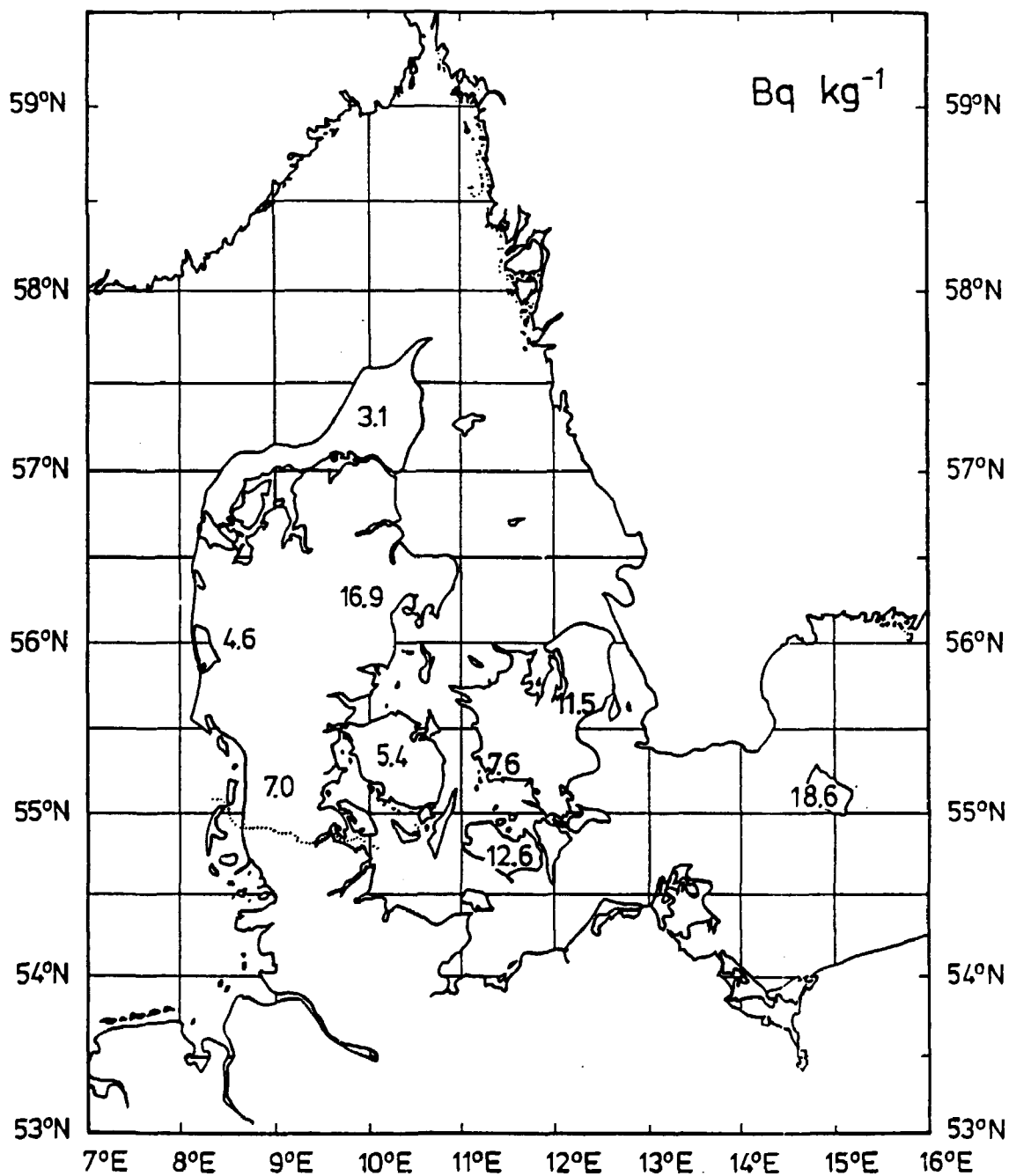


Fig. 17.1. Caesium-137 in beef collected country-wide in Denmark in June 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 17.1. Cæsium-137 i oksekød indsamlet i de 8 landsdele og København i juni 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

Cesium-137 in Pork, June 1987

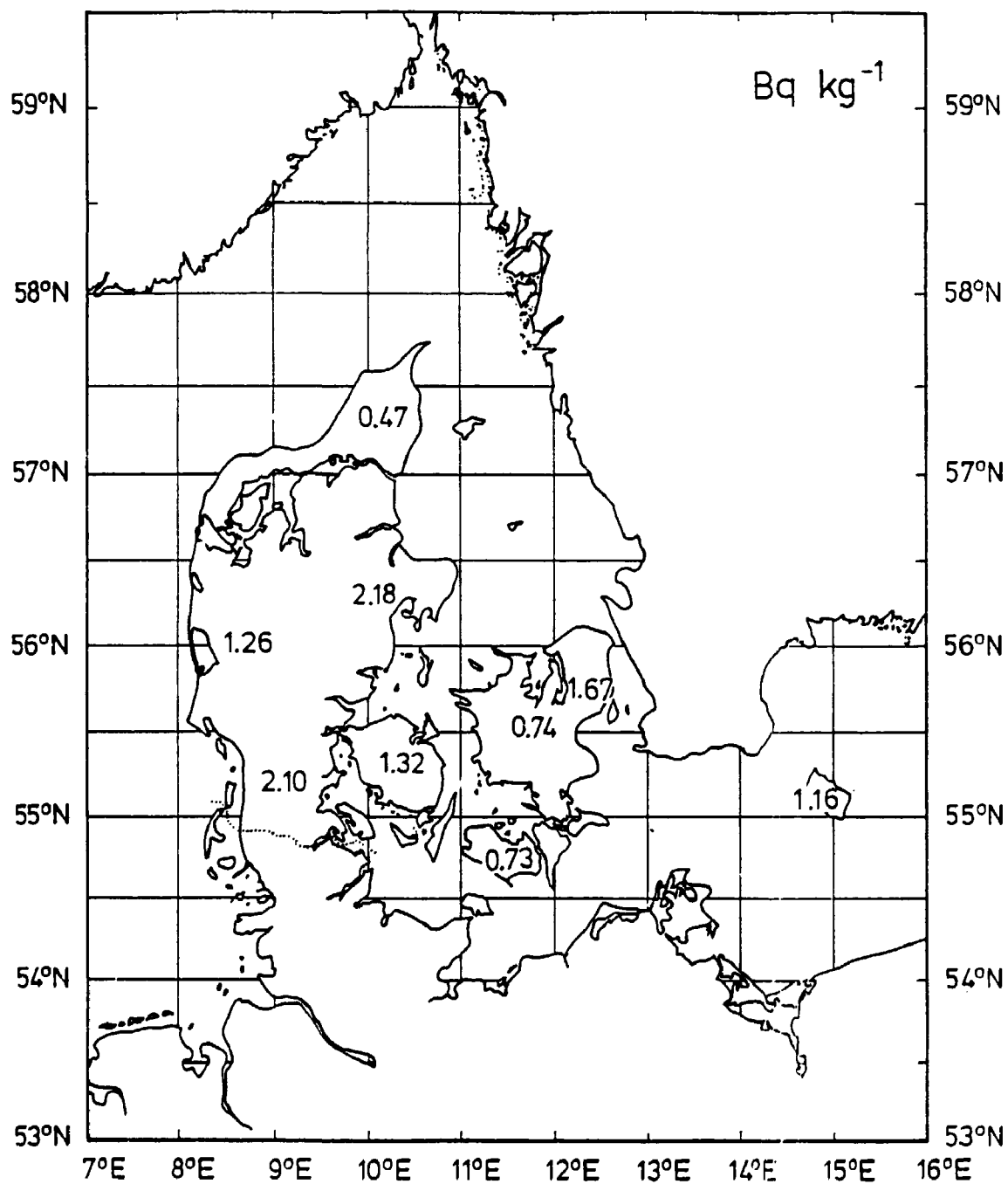


Fig. 17.2. Caesium-137 in pork collected country-wide in Denmark in June 1987. Unit: Bq kg⁻¹.

Fig. 17.2. Cæsium-137 i svinekød indsamlet i de 8 landsdele og København i juni 1987. Enhed: Bq kg⁻¹.

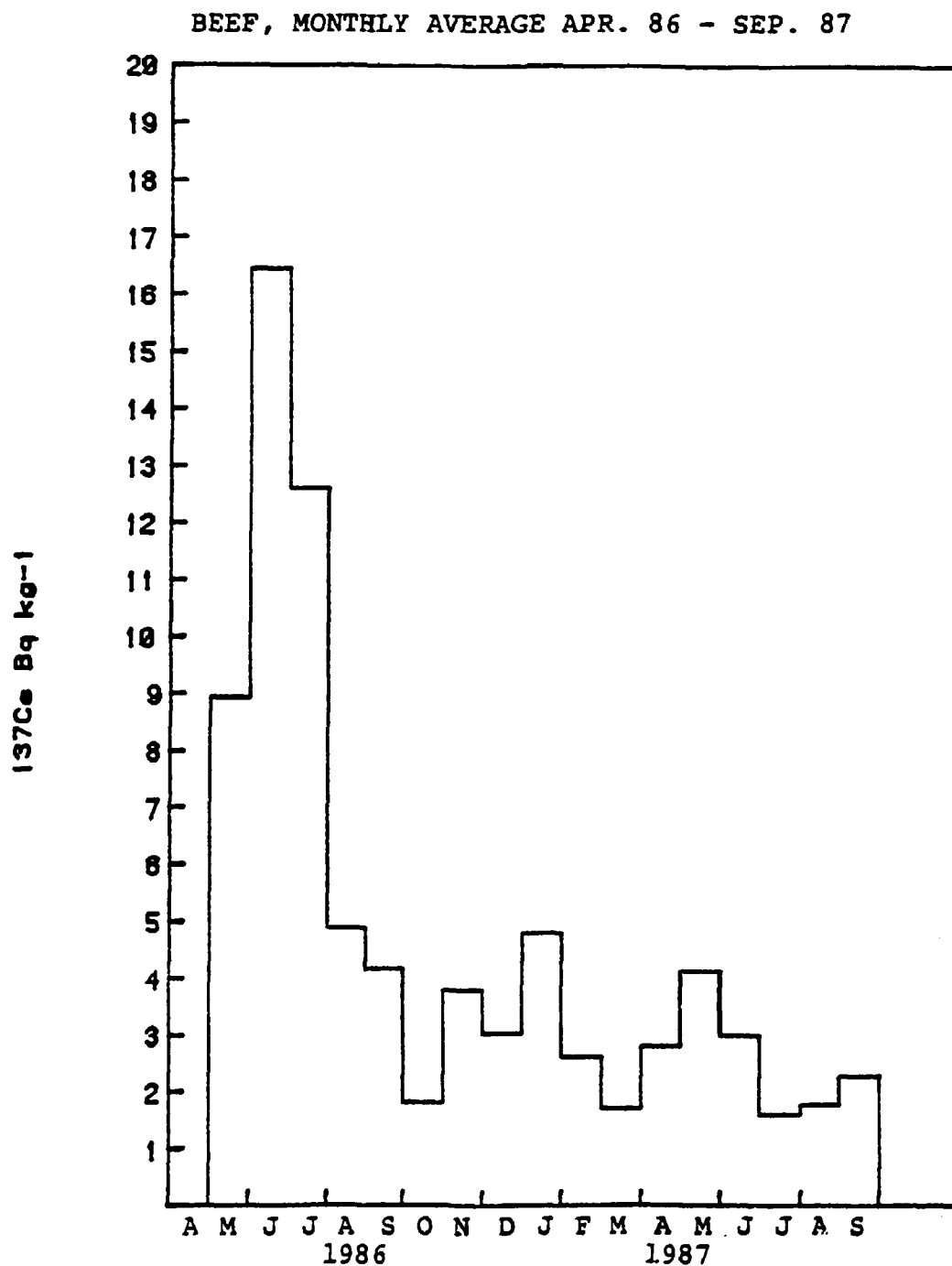


Fig. 17.3. Monthly ^{137}Cs mean concentrations in beef from Danish slaughterhouses 1986-1987.

Fig. 17.3 Cæsium-137 i oksekød fra danske slagterier 1986-1987 (månedsgennemsnit af ca. 17 bestemmelser).

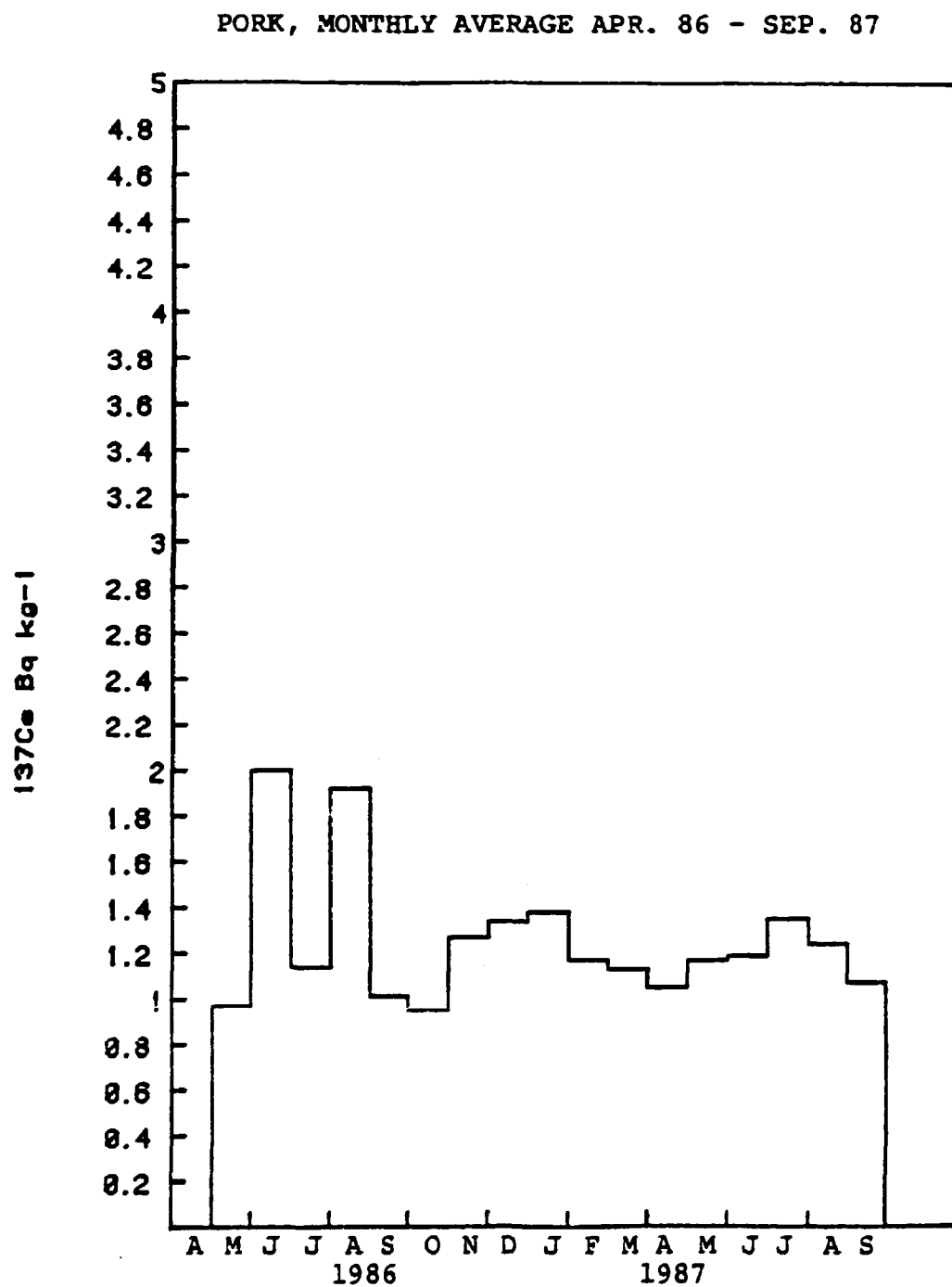


Fig. 17.4. Monthly ^{137}Cs mean concentrations in pork from Danish slaughterhouses 1986-1987.

Fig. 17.4. Cesium-137 i svinekød fra danske slagterier 1986-1987 (månedsgennemsnit af ca. 18 bestemmelser).

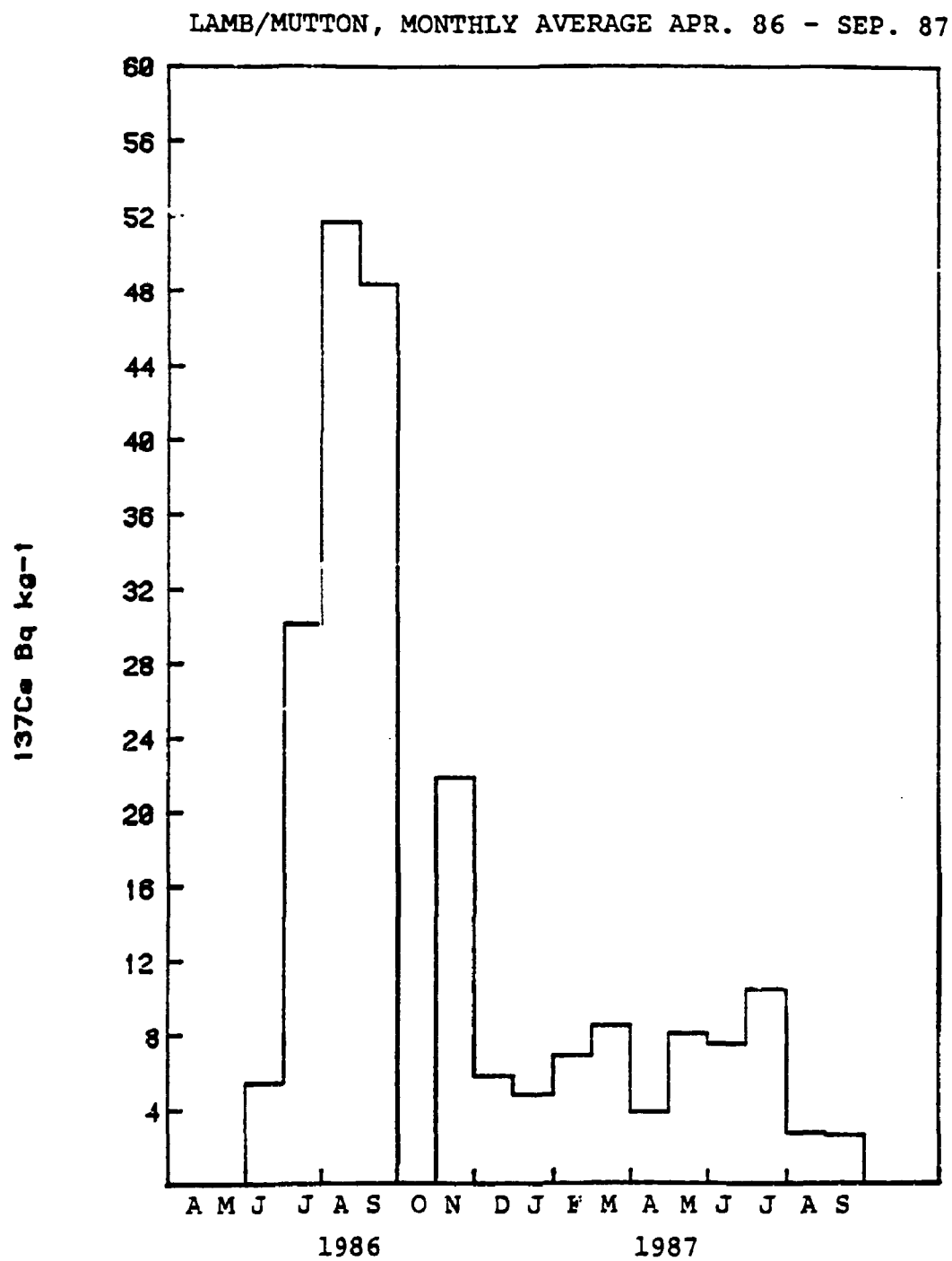


Fig. 17.5. Monthly ^{137}Cs mean concentrations in lamb and mutton from Danish slaughterhouses 1986-1987.

Fig. 17.5. Cæsium-137 i lam og får fra danske slagterier 1986-1987 (månedsgennemsnit af ca. 4 bestemmelser).

POULTRY, MONTHLY AVERAGE APR. 86 - SEP. 87.

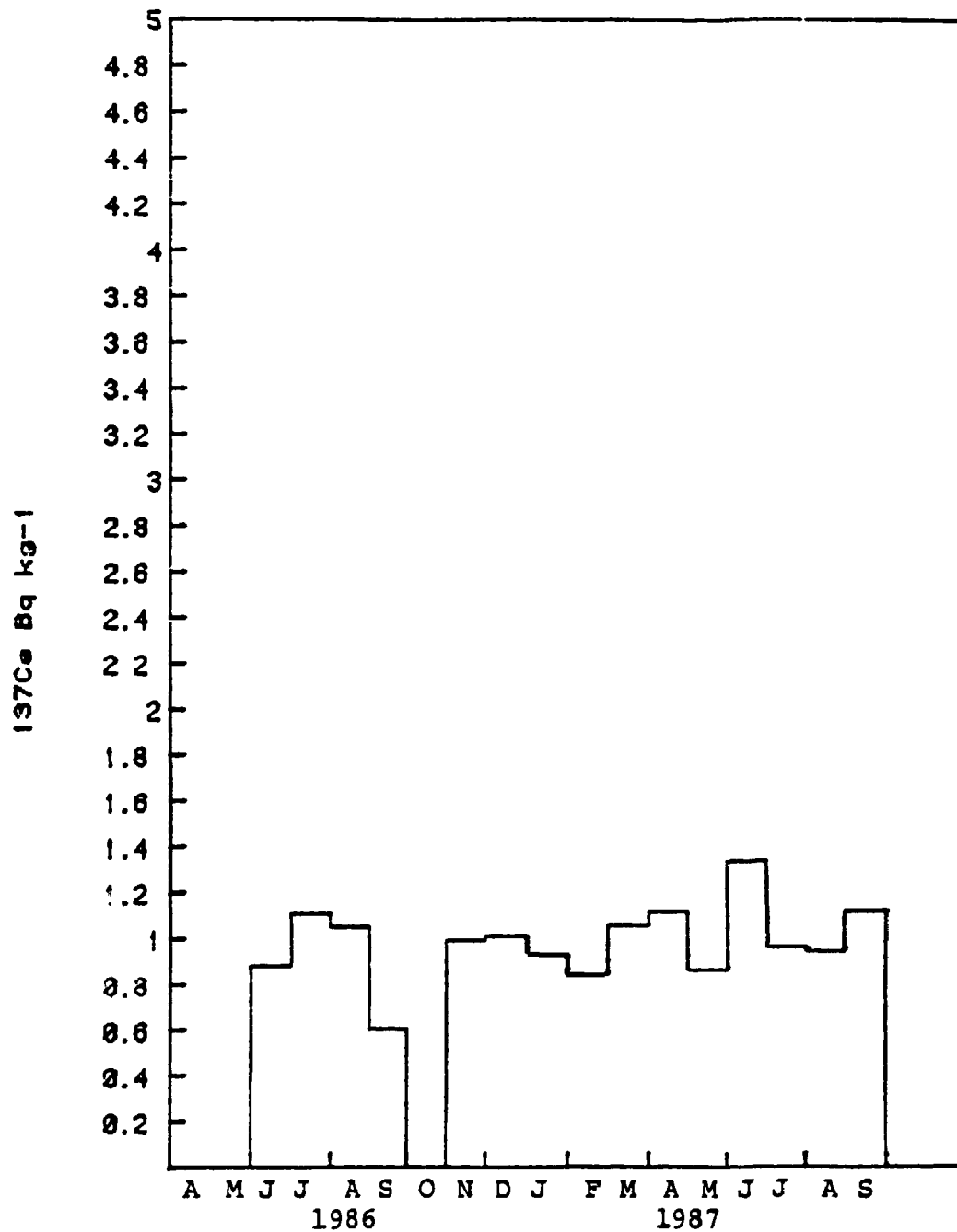


Fig. 17.6. Monthly ^{137}Cs mean concentrations in chicken from Danish slaughterhouses 1986-1987.

Fig. 17.6. Cæsium-137 i kyllinger fra danske slagterier 1986-1987 (månedsgennemsnit af ca. 5 bestemmelser).

2.18. Ferskvandsfisk

(Tabel 18 i denne rapport og tabellerne Q i appendix 2).

De højeste ^{137}Cs i noget dansk produceret levnedsmiddel, måske bortset fra vildt, findes i ferskvandsfisk. Aborrer indeholdt således i gennemsnit $120 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs kg}^{-1}$. Konsumet af ferskvandsfisk i Danmark er meget lille og bidrager derfor ikke signifikant til gennemsnitsdanskerens ^{137}Cs indtag.

Tabel 18. Radioaktivt cæsium i ferskvandsfisk fanget i Esrum og Arresø i maj 1987. Enhed: Bq kg^{-1} .

Radiocaesium in freshwaterfish caught in 2 North Zealand lakes in May 1987. Unit: Bq kg^{-1} .

		^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
Ål (Eel)	N = 2	26.3	0.31
Gedde (Pike)	N = 3	69.3	0.33
Skalle (Roach)	N = 2	40.7	0.33
Aborre (Perch)	N = 2	120	0.35
Løje (Bleak)	N = 1	51	0.37

The theoretical $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio in May 1987 in Chernobyl debris was: 0.40.

2.19. Saltvandsfisk

(Tabel 19 i denne rapport og tabellerne Q i appendix 2).

Cs-137 indholdet i saltvandsfisk (torsk, rødspætte og sild) ændredes ikke signifikant fra efteråret 1986 til 1987. Forholdet $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ i fisk viser, at 60% af ^{137}Cs i saltvandsfisk stammede fra Tjernobyl-uheldet. Den resterende mængde ^{137}Cs i fisk hidrørte først og fremmest fra udledningerne til havet fra det engelske reprocessing anlæg Sellafield.

Tabel 19. Radioaktivt cæsium i saltvandsfisk fanget i de danske farvande i 1986 og 1987. Enhed: Bq kg^{-1} .

Radiocaesium in seawaterfish caught in the Danish waters in 1986 and in 1987. Unit: Bq kg^{-1} ($\pm 1\text{SE}$).

Art (species)			^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
1986 (Sept.-Nov.)	Torsk (cod)	N=4	4.9 \pm 1.0	0.32 \pm 0.02
	Rødspætte (plaice)	N=4	4.4 \pm 1.0	0.24 \pm 0.07
	Sild (herring)	N=4	5.0 \pm 1.0	0.29 \pm 0.03
1987 (Mar and Sept)	Torsk (cod)	N=4	8.5 \pm 2.6	0.24 \pm 0.05
	Rødspætte (plaice)	N=4	2.3 \pm 1.0	0.23 \pm 0.02
	Sild (herring)	N=4	3.3 \pm 0.8	0.20 \pm 0.02

$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ forholdet i Chernobyl nedfald var 0.47 medio okt. 86 og 0.37 medio 1987.

In Chernobyl debris the $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio was 0.47 at Oct. 15, 1986 and 0.37 at July 1, 1987.

2.20. Æg

(Tabel 20 i denne rapport og tabellerne P i appendix 2).

Cs-137 niveauet i danske æg har siden Tjernobyl ulykken ligget på omkring 0.2 Bq kg^{-1} .

Tabel 20. Radioaktive stoffer i danske æg indsamlet i 1986 og 1987. Enhed: Bq kg^{-1} .

Radionuclides in Danish eggs from 1986 and 1987. Unit: Bq kg^{-1} .

	^{90}Sr	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$
<hr/>			
aug 1986	0.015	0.14	0.44
dec 1986	0.025	0.22	0.48
jun 1987	0.020	0.19	0.36

2.21. Ost

(Tabel 21 i denne rapport og tabellerne 0 i appendix 2).
Cs-137 i dansk ost svarer til, hvad man ville vente udfra de
tilsvarende mælkeniveauer i SV-Jylland.

Tabel 21. Radioaktive stoffer i dansk ost indsamlet i Vest-og
Sydjylland i 1986-87. Enhed: Bq kg⁻¹.

Strontium-90 in cheese collected in West and South Jutland in
1986-87. Unit: Bq kg⁻¹.

	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs
<hr/>			
Jun - Oct 1986	1.11	2.4	0.47
Nov 1986 - Apr 1987	0.91	1.23	0.47
May - Oct 1987	0.95	1.15	0.37

2.22. Total kost

(Tabellerne og figurerne 22 i denne rapport og tabellerne R i appendix 2).

Gennemsnitskostens ^{137}Cs indhold i Danmark var næsten konstant i perioden juni 1986 - juni 1987. Det daglige gennemsnits indtag var lidt over 2 Bq ^{137}Cs og ca. 1 Bq ^{134}Cs pr. person. I december 1987 kan vi konstatere et kraftigt fald i kostens radiocæsium. Dette skyldes, at man nu er begyndt på 1987 høsten, og at køds cæsiumindhold er væsentligt lavere end i juni 1986. Fra de direkte totalcost målinger kan vi beregne total ^{137}Cs indtaget med dansk kost i 1987 til 709 Bq (dec 1986 tæller 1/4, juni 1986: 1/2 og dec 1987: 1/4). Vi kan også beregne indtaget for det andet år efter Tjernobyl, dvs. for perioden: maj 1987 - april 1988 (her tæller juni 87: 5/12 og dec 87: 7/12) vi finder da et total indtag for denne 12 måneders periode på 531 Bq ^{137}Cs . Dette tal kan sammenholdes med beregningen i tabel 22.2 baseret på de enkelte bestanddele i kosten. Her finder vi 524 Bq ^{137}Cs . Benytter vi dosis faktoren $1.25 \cdot 10^{-8}$ Sv pr. Bq ^{137}Cs svarer ^{137}Cs indtaget med dansk kost i det andet år efter Tjernobyl ulykken til en dosis på $6.6 \mu\text{Sv}$. Bidraget fra ^{134}Cs er ca. $3.5 \mu\text{Sv}$. Bidraget fra de første 12 måneder blev i fase 2 rapporten beregnet til $17 \mu\text{Sv}$. Vi har således pr. 1. maj 1988 i alt fået et Tjernobyl ^{137}Cs bidrag svarende til en dosis på ca. $27 \mu\text{Sv}$. Vi har ikke i denne beregning korrigeret for bidraget af ^{137}Cs fra andre kilder, vi har således medtaget de ca. 20 Bq ^{137}Cs , vi får fra konsumet af fisk forurenet med Sellafield udslip (jf. 2.19.)

Tabel 22.1 Det gennemsnitlige indtag af ^{90}Sr og radioaktivt cæsium pr. dag pr. person med dansk kost i perioden 1. okt 1986 - 30. sept. 1987 (gennemsnit af landsdækkende målinger i dec. 1986 og juni 1987). Enhed: Bq pr. dag pr. person.

The average intake of ^{90}Sr and radiocaesium with total Danish diet in the period: Oct. 86 - Sept. 87 (calculated as the mean of the measurements on countrywide collected diet in Dec 86 and June 87). Unit: Bq day⁻¹ cap.⁻¹(+1SD).

	^{90}Sr	^{137}Cs	^{134}Cs
Jylland (Jutland)	0.181 \pm 0.03 N=8	2.44 \pm 0.43 N=16	0.97 \pm 0.18 N=16
Øerne (The Islands)	0.156 \pm 0.02 N=8	2.13 \pm 0.61 N=16	0.86 \pm 0.26 N=16
Hele landet (Denmark)	0.17	2.29	0.92

Tabel 22.2. Beregning af middelindholdet af ^{137}Cs i dansk kost i det andet år efter Tjernobyl: maj 1987 - april 1988.

Estimation of the mean content of ^{137}Cs in Danish diet in the second year after Chernobyl i.e. from May 1987 to April 1988.

Kostbestandel (diet component)	Årligt konsum pr. individ (Annual intake per capita) kg	Bq ^{137}Cs kg ⁻¹	Total Bq ^{137}Cs	Procentvis del af totalindtaget af ^{137}Cs (% of total ^{137}Cs in- take)
Mælk (milk)	164	0.55	90	} 19
Ost (cheese)	9.1	1.15	10	
Rugmel (rye flour)	29.2	5.75	168	} 35
Hvedemel (wheat flour)	43.8	0.25	11	
Havregryn (oatmeal)	7.3	0.36	3	} 12
Kartofler (potatoes)	73	0.15	11	
Grøntsager (vegetables)	43.8	0.09	4	} 32
Frugt (fruit)	51.1	0.97	49	
Oksekød (beef)	18.2	5.72	104	} 32
Flæskekød (pork)	36.5	0.35	13	
Æg (eggs)	10.9	0.19	2	} 2
Fisk (fish)	10.9	4.7	51	
Kaffe & te (coffee & tea)	5.5	1.5	8	2
Drikkevand (potable water)	548	0	0	0
Total		0	524	

Ved beregningen af Bq ^{137}Cs kg⁻¹ for de enkelte levnedsmidler har vi antaget, at 50% af kornprodukterne stammer fra høsten 1986 og 25% af frugt, grønt og kartofler er fra 1986.

In the calculation of the mean concentrations i.e. the various diet groups we anticipated that 50% of the cereal products and 25% of vegetables, potatoes and fruits were from the 1986 harvest.

Cesium -137 in total diet, December 1986

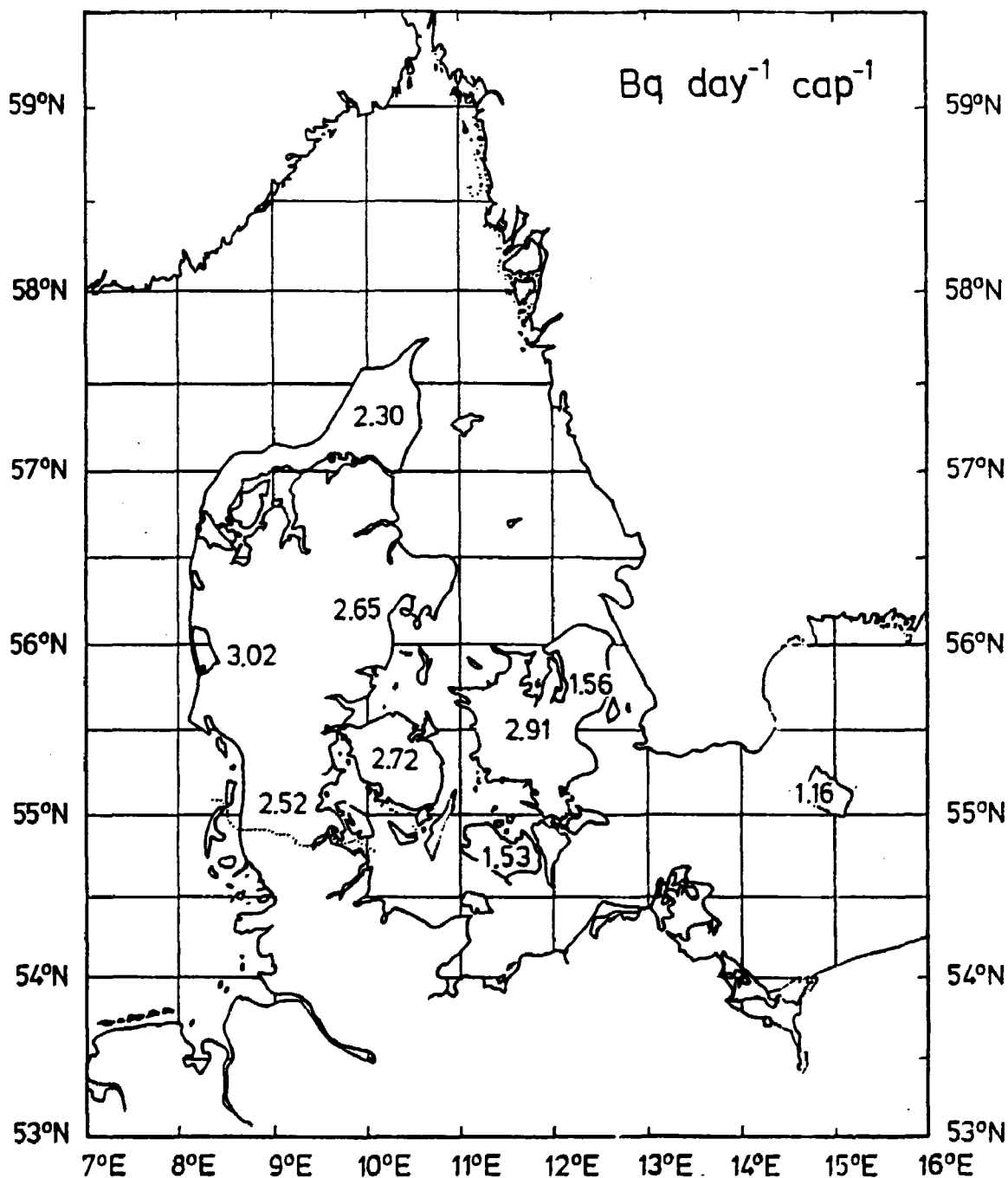


Fig. 22.1. Daily pro capite ^{137}Cs intake with total Danish diet in Dec. 1986. The samples were collected in 8 zones with 2 x 3 towns in each zone.

Fig. 22.1. Dagligt individuelt ^{137}Cs indtag med dansk gennemsnitskost i Dec. 1986. Prøverne er indsamlet i 8 landsdele med 2 x 3 byer i hvert område.

Cesium-137 in total diet, June 1987

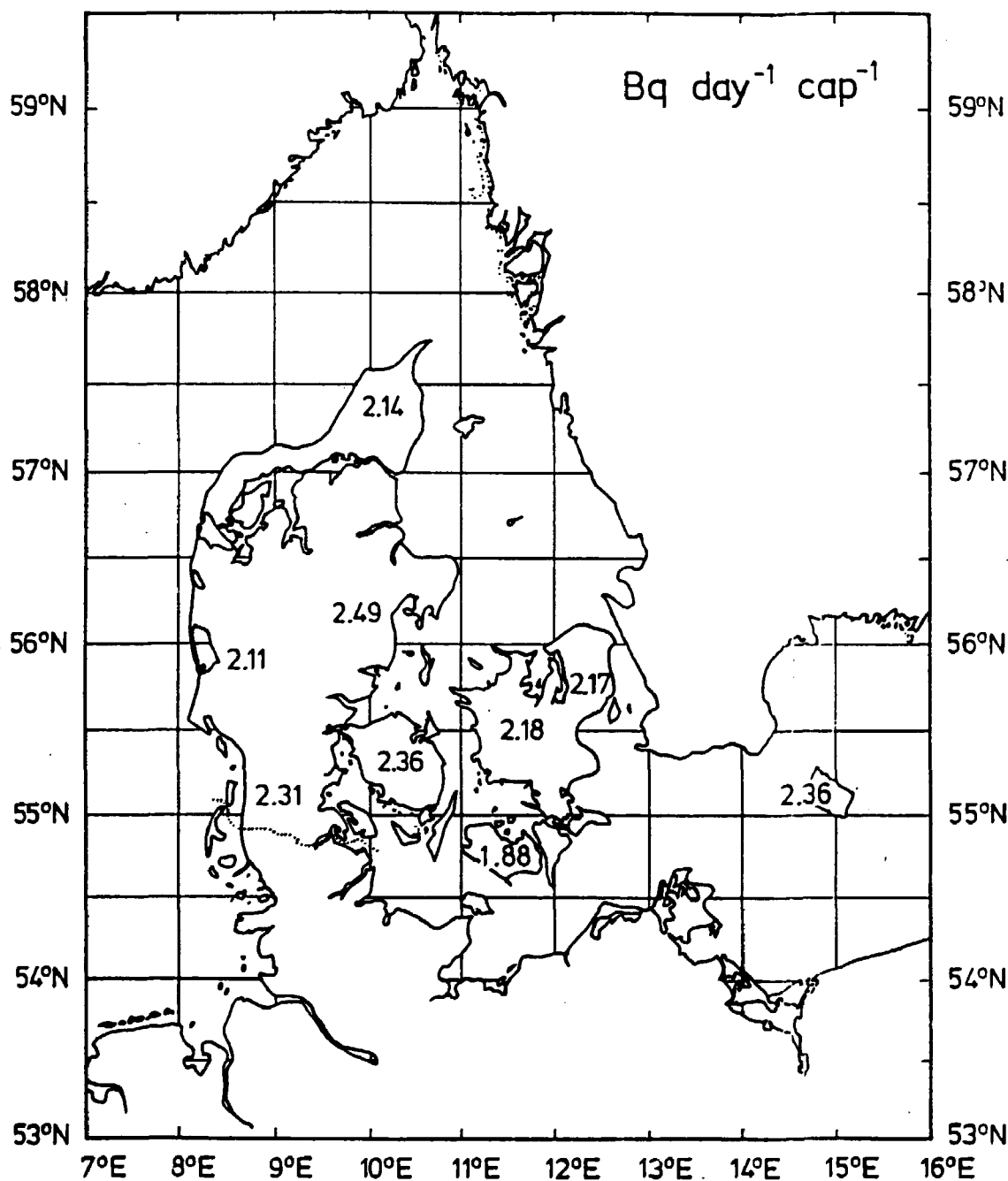


Fig. 22.2. Daily pro capite ^{137}Cs intake with total Danish diet in June 1987. The samples were collected in 8 zones with 2 x 3 towns in each zone.

Fig. 22.2. Dagligt individuelt ^{137}Cs indtag med dansk gennemsnitskost i juni 1987. Prøverne er indsamlet i 8 lande-dele med 2 x 3 byer i hvert område.

Cesium - 137 in total Danish diet
Collected in December 1987

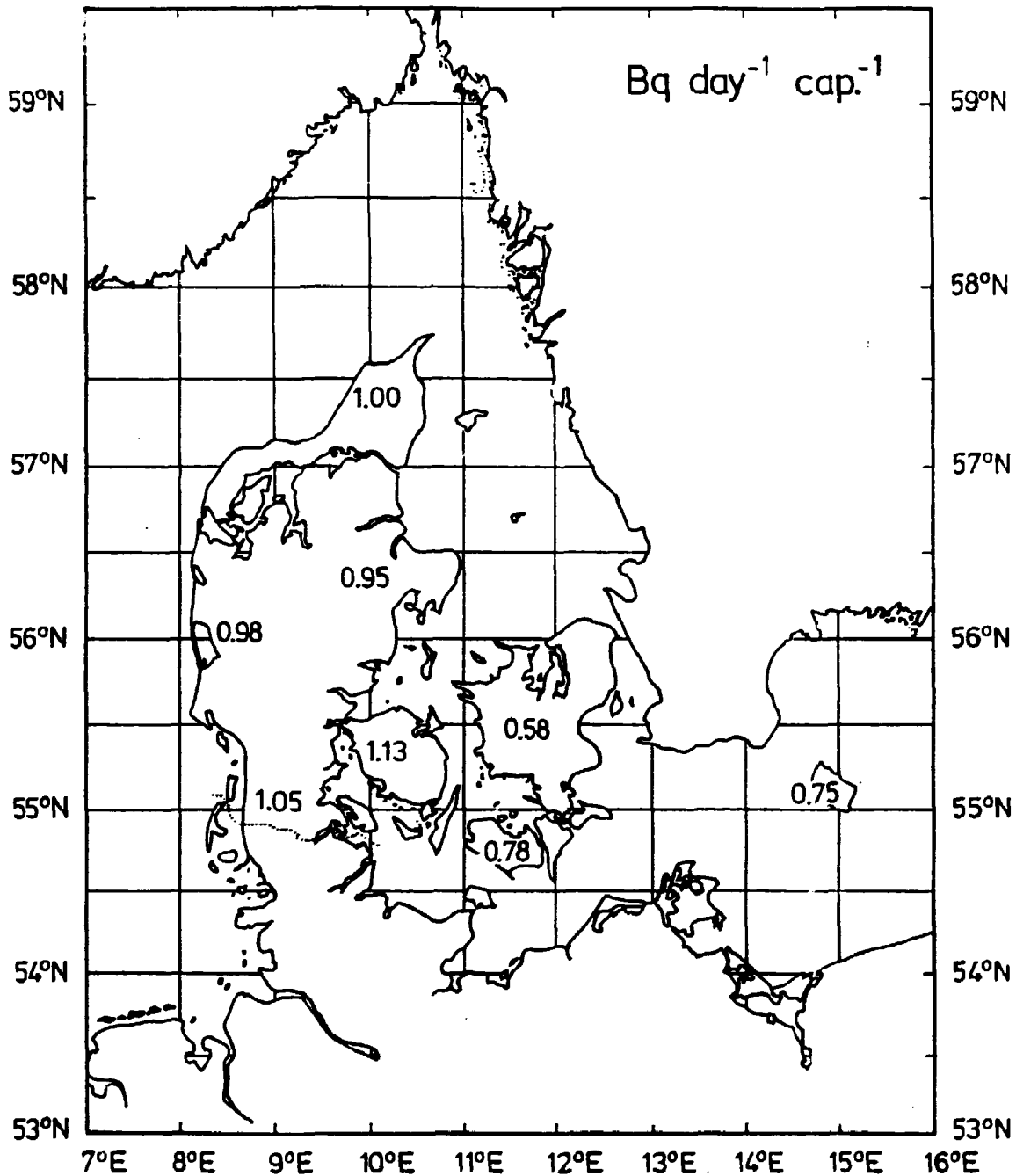


Fig. 22.3. Daily pro capite ^{137}Cs intake with total Danish diet in Dec. 1987. The samples were collected in 8 zones with 2 x 3 towns in each zone.

Fig. 22.3. Dagligt individuelt ^{137}Cs indtag med dansk gennemsnitskost i dec. 1987. Prøverne er indsamlet i 8 landsdele med 2 x 3 byer i hvert område.

2.23. Helkropsmålinger

(Fig. 23 i denne rapport og tabellerne T i appendix 2).

Middelindholdet af ^{137}Cs i kontrolgruppen af personer på Risø er i perioden september 1985 til november 1987 steget fra 0.73 Bq pr. g K til 1.45 Bq pr. g K, d.v.s. en stigning på ca. 100%.

De månedlige middelværdier af det absolutte aktivitetsindhold af cæsium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) er givet på fig. 23, separat for mænd, kvinder og børn. På figuren er tillige givet kurverne for de forventede aktivitets indhold, der er beregnet udfra de målte indhold af aktivitet i fødevarerne og antagelser om metabolismen af cæsium. Det ses, at der er god overensstemmelse mellem målte og forventede værdier. Gennemsnitsværdierne i slutningen af 1987 forventes at være tæt på, hvad der maksimalt vil forekomme.

Ved beregning af de ovennævnte værdier er der kun medtaget personer, der har haft en "normal dansk" rejseaktivitet. Kontrolgruppen består af 10 mænd, 10 kvinder og 4 børn.

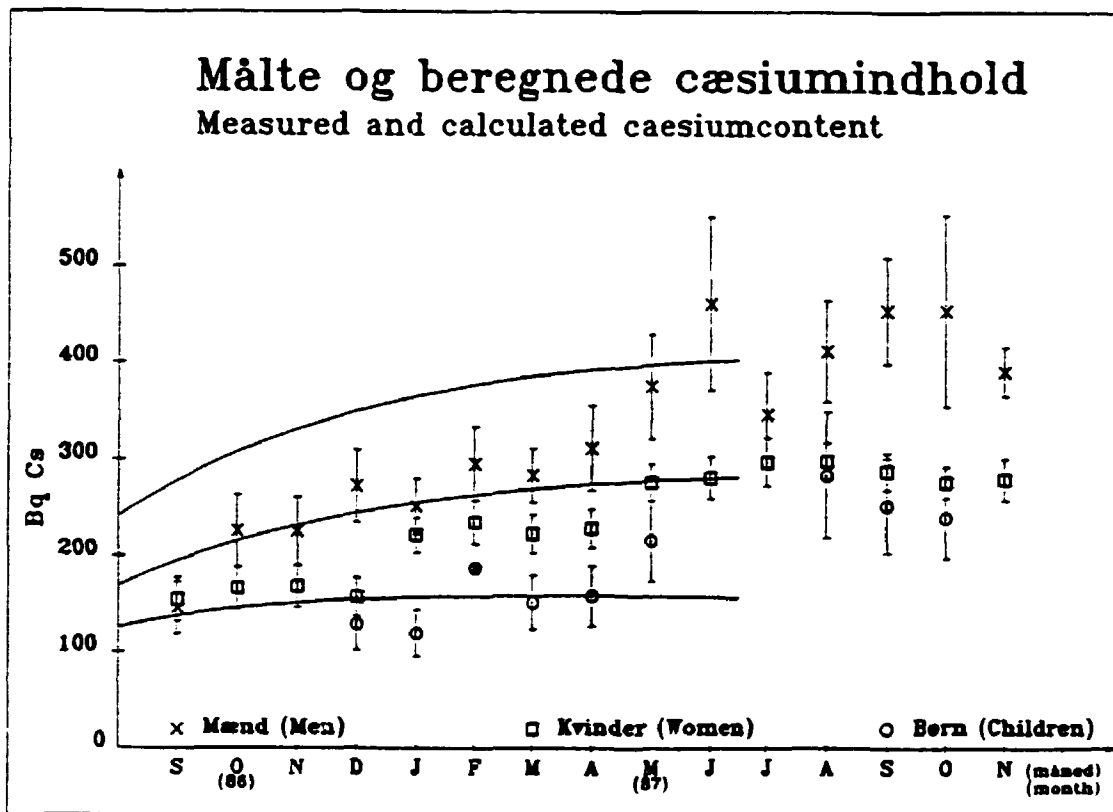


Fig. 23. Radiocesium in Danish men, women and children from Zealand in 1986-1987. The ^{137}Cs content is approx. 0.7 times the total radiocesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$). The curves represent the calculated levels based upon diet measurements (cf. 22).

Fig. 23. Radioaktivt cæsium i mænd, kvinder og børn fra Risø-området i 1986-1987. Indholdet af ^{137}Cs findes ved at gange total Cs ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) med ca. 0.7. Kurverne repræsenterer de beregnede niveauer baseret på kostmålinger (jf. 22).

2.24. Menneskeknogler

(Tabel 24 i denne rapport og tabellerne U i appendix 2). Der var ikke signifikante forskelle mellem ^{90}Sr niveauerne i knogler fra 1986 og 1987. Som ventet var det umuligt at se nogen indflydelse af Tjernobyl ulykken, hvad angår ^{90}Sr i knogler.

Tabel 24. Strontium-90 i menneskeknogler indsamlet i Danmark i 1986 og 1987. Enhed: $\text{Bq } ^{90}\text{Sr (kg Ca)}^{-1}$.

Strontium-90 in human bone collected in Denmark in 1986 and 1987. Unit: $\text{Bq } ^{90}\text{Sr (kg Ca)}^{-1}$ ($\pm 1\text{SD}$)

	nyfødte (0-1 yr)	små børn (1-4 yr)	børn (<19 yr)	voksne (≥ 19 yr)
1986	29.7 \pm 14.9 N=6	16.1 N=1	2.8 N=1	22.5 \pm 10.7 N=67
1987	37.4 \pm 30.7 N=24	23.3 \pm 4.0 N=3	14.7 \pm 1.1 N=2	22.0 \pm 7.7 N=30

Tabel 25. Oversigt over KP-prøver målt uge 41/86 - uge 40/87

Art	Antal	Målt maximumniveau	Bemærkninger
	prøver	¹³⁷ Cs Bq kg ⁻¹	

DANSKE PRODUKTER

Kød

Okse	218	36.6	
Flask	230	3.8	
Fjerkræ	59	2.7	
Lam/får	43	72.9	
Vildt	3	612	Pibeand, Dragør

Fisk

Ferskvandsfisk	22	165.6	
Saltvandsfisk	16	10.2	
Kaviar		<0.8	
Konserves		<1.7	

Æg

16	<1.37
----	-------

Mejerieprodukter

Mælk (tør)	80	24.2
Ost	24	2.9
Kaseinvalle	1	21

Andre landbrugsprodukter

Rapsfrø	20	7.28
Roe		21.80

Gartneriprodukter

Bladgrønt	170	276.9	Timian, Bornholm
Rodfrugt		2.95	
Konserves		<1.3	
Kartofler		<1.5	
Frugt		3.6	
Bær		-	

Tabel 25 (fortsat)

Art	Antal prøver	Målte maximumniveau ^{137}Cs Bq kg ⁻¹	Bemærkninger
-----	--------------	--	--------------

IMPORTEREDE PRODUKTER

Kød	25	854	Ren, Finland
Korn og korn- produkter	28	303	Pasta, Grækenland
Vafler		48	Grækenland
Drikkevarer	10	133.5	Æblekonc., Polen?
Chokolade	4	58	Østrig
Frugt og grønt	4	3.0	
Sphagnum/tørve- strøelse	34	1050	Finland

Foder

Rapsskrå	25	49	
Bomuldsfrøskrå		<1.2	
Roemelasse		2.7	
Foderarter		<1.0	
Solsikkefrø		2.7	
Komælkserstatning		42.7	
Vallepulver		52.2	
Skummetmalkspulver		35.1	
Foderpiller		<1.2	
Fiskemel		18.7	

3. KONKLUSION

Tjernobyl-uheldet i USSR d. 26. april 1986 øgede indholdet af radioaktivt cæsium i dansk kost.

På grundlag af målingerne af cæsium-137 og cæsium-134 i danske levnedsmidler og de samstemmende helkropsmålinger er den ekstra dosis til en gennemsnitsdansker fra kosten konsumeret i de første to år efter ulykken er beregnet til 27 μ Sv.

Den årlige baggrundsstråling inklusive radon i huse giver danskeren en dosis på 3000 μ Sv.

I de kommende år vil kostens dosis bidrag falde kraftigt. Det totale effektive dosis ekvivalent commitment (50 års dosis) til en gennemsnitsdansker fra Tjernobylulykken kan beregnes til 50-100 μ Sv (inklusive bidraget fra ydre stråling og indånding).

Til sammenligning kan anføres at gennemsnitseuropæeren (udenfor USSR) iflg. WHO skulle få et 50 års dosis ekvivalent fra Tjernobyl på 600 μ Sv.

<p>Title and author(s)</p> <p>Final report on the Risø Monitoring Programme after the Chernobyl accident for the period Oct 1, 1986 - Sept 30, 1987.</p> <p>Main Report (in Danish)</p> <p>A. Aarkrog, S.P. Nielsen, H. Dahlgaard, B. Lauridsen and J. Søgaard-Hansen</p>	<p>Date January 1988</p> <p>Department or group</p> <p>Health Physics</p> <p>Groups own registration number(s)</p> <p>403 37</p> <p>Project/contract no.</p> <p>87 M86-6888-3</p>
<p>Pages 82 Tables 25 Illustrations 43 References</p>	<p>ISBN 87-550-1400-3 (kpl.)</p>
<p>Abstract (Max. 2000 char.)</p> <p>In cooperation with the National Agency of Environmental Protection in Denmark, Risø National Laboratory has examined the radioactive contamination from the Chernobyl accident. The programme for these investigations was an expansion of the countrywide monitoring programme operated since 1962 by Risø National Laboratory. The present report cover the period Oct 1, 1986 to Sept. 30, 1987. All types of environmental samples relevant for radioactive contamination has been analysed. Most samples were collected countrywide and all samples were analysed for radiocaesium (^{134}Cs & ^{137}Cs).</p> <p>Many samples were furthermore analysed for ^{90}Sr and in a few samples transuranic elements ($^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am and ^{242}Cm) were determined.</p> <p>On the basis of the diet and wholebody measurements of radio-caesium the individual mean dose equivalent commitment from Danish diet consumed in the first two years after the Chernobyl accident was calculated to 27 μSv.</p>	
<p>Descriptors - INIS</p> <p>AMERICIUM 241; CESIUM 134; CESIUM 137; CHERNOBYLSK-4 REACTOR; CURIUM 242; DANISH ORGANIZATIONS; DATA COMPILATION; DENMARK; DIET; DOSE COMMITMENTS; ENVIRONMENTAL MATERIALS; MONITORING; PLUTONIUM 239; PLUTONIUM 240; RADIOECOLOGICAL CONCENTRATION; REACTOR ACCIDENTS; RISØE NATIONAL LABORATORY; TRANSFRONTIER CONTAMINATION; WHOLE-BODY COUNTING</p> <p>Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory, (Risø Bibliotek, Forskningscenter Risø), P.O. Box 48, DK-4000 Roskilde, Denmark. Telephone 02 37 12 12, ext. 2262. Telex: 43116, Telefax: 02 36 06 09</p>	

**Rekvireres fra
Risø Bibliotek
Forskningscenter Risø, postbox 49,
4000 Roskilde
Telefon 02 37 12 12, lokal 2262
Telex 43116, Telefax 02 36 06 09**

**ISBN 87-550-1400-3 (kpl.)
ISSN 0418-6435**